GANADERÍA SUSTENTABLE

en el Golfo de México

Gonzalo Halffter, Magdalena Cruz y Carmen Huerta
(compiladores)

INECOL
Instituto de Ecología, A.C.

GANADERÍA SUSTENTABLE
en el Golfo de México

GANADERÍA SUSTENTABLE
en el Golfo de México

Gonzalo Halffter
Magdalena Cruz y Carmen Huerta

(Compiladores)

INECOL
El Instituto de Ecología
CONABIO
FGM
Fondo Golfo de México
C6 cuencas costeras y cambio climático
SEDEMA
ESTADO DE VERACRUZ
FAV
FONDO AMBIENTAL VERACRUZANO

Título: Ganadería Sustentable en el Golfo de Mexico
Compiladores: Gonzalo Halffter, Magdalena Cruz y Carmen Huerta

Coordinación y seguimiento editorial:
Gonzalo Halffter, Magdalena Cruz, Carmen Huerta

Diseño:
Gina Gallo Cadena

Corrección de estilo y maquetación:
Aída Pozos Villanueva

Fotografías de inicio de capítulo:
M. Cruz: portada y págs. 24, 64, 106, 114, 132, 224, 240, 274, 314
R. Madrigal: págs. 188, 212, 254, 368, 390
J. del Ángel: págs. 74, 138, 338
R. Romero: pág. 16, 344, 410
G. Sánchez Vigil pág. 284
H. Augusto D.: pág. 34
S. Guevara: pág. 162
M. Rubio pág. 12

Primera edición, 2018

D.R. © 2018. Instituto de Ecología, A.C.
Carretera Antigua a Coatepec, núm. 351
El Haya, Xalapa, Veracruz. CP 91070
www.inecol.edu.mx/

ISBN: 978-607-7579-83-0
e-ISBN 978-607-7579-84-7

Forma de citar:
Halffter, G., M. Cruz y C. Huerta (Comps.). 2018. *Ganadería sustentable en el Golfo de México.* Instituto de Ecología, A.C., México, 432 pp.

Todos los derechos reservados.
Prohibida su reproducción parcial
o total por cualquier medio, sin autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Nuestros patrocinadores

CONABIO

SEDEMA
ESTADO DE VERACRUZ

FAV
FONDO AMBIENTAL
VERACRUZANO

FGM
Fondo Golfo de México

INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.
Dr. Miguel Rubio Godoy
Director General

Dr. Víctor Manuel Bandala Muñoz
Secretario Académico

MIT Alberto Risquez Valdepeña
Secretario Técnico

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Dr. José Sarukhán Kermez
Coordinador Nacional

Dra. Patricia Koleff Osorio
Directora General de Análisis y Prioridades

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DEL ESTADO DE VERACRUZ
Mtra. Mariana Aguilar López
Secretaria de Medio Ambiente

Dr. Arnulfo Rodríguez González
Secretario Técnico del Fondo Ambiental Veracruzano (FAV)

FONDO GOLFO DE MÉXICO, A. C. (FGM)
Dr. Leonel Zavaleta
Director Ejecutivo

PROYECTO CONSERVACIÓN DE CUENCAS COSTERAS
EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO (C6)
Comité Técnico
Fernando Camacho Rico (CONANP)
Hilda González Hernández (CONAFOR)
Daniel González Terrazas (INECC)
Renée González Montagut (FMCN)

Contenido

Presentación 13
Miguel Rubio Godoy

Ganadería sustentable *vs* extensiva: cambio de métodos
y propósitos ambientales y sociales 17
Gonzalo Halffter

01 Ganadería, Medio Ambiente y Biodiversidad

Ganadería sustentable y ecología 25
José Sarukhán

Ganadería colombiana sostenible: entre la productividad
y la conservación de la biodiversidad 35
Carolina Giraldo, Julián Chará, Fernando Uribe, Juan Carlos Gómez, Manuel Gómez, Zoraida Calle, Liliana María Valencia, Marcela Modesto, Enrique Murgueitio

02 Ganadería Sustentable

¿Qué es la ganadería sustentable? 65
Silvia López Ortiz

La importancia de un suelo saludable 75
Lucrecia Arellano, Patricia Menegaz de Farías, Isabelle Barois, José Antonio Torres-Rivera, Enrique Meza

Pastoreo Racional Voisin: ecología, salud y rentabilidad 107
Daniel Suárez Castillo

Producción y rentabilidad:pastoreo racional intensivo 115
Eduardo G. Canudas Lara

03 Ganadería y medio ambiente en el Golfo de México

Una mirada al pasado y al futuro: la ganadería en Veracruz.....133
Renée González Montagut

La expansión de la ganadería en Veracruz 139
Renée González-Montagut

El paisaje de la ganadería: una experiencia tropical 163
Sergio Guevara Sada, Javier Laborde Dovalí, Graciela Sánchez-Ríos

La ganadería bovina veracruzana: hacia la sustentabilidad 189
Lucrecia Arellano, Silvia López-Ortiz, Ponciano Pérez-Hernández, José Gerardo Alonso B., José Antonio Torres-Rivera, Carmen Huerta, Magdalena Cruz-Rosales

El ordenamiento ecológico: herramienta para una ganadería sustentable ...213
Rafael Villegas Patraca

Ganadería extensiva: desparasitantes y agroquímicos sobre la fauna del suelo 225
Carmen Huerta Crespo, Magdalena Cruz Rosales, Lucrecia Arellano, Imelda Martínez Morales

Usos y abusos: desparasitantes en la ganadería convencional..... 241
Magdalena Cruz Rosales, Dora Romero-Salas

Restauración de paisajes: los árboles fuera y dentro de los potreros 255
Guadalupe Williams-Linera, Fabiola López-Barrera, Martha Bonilla-Moheno, Tarin Toledo-Aceves, Alfonso Suárez-Islas

Las plantas forrajeras en Veracruz 275
Gonzalo Castillo-Campos, María Elena Medina-Abreo

La ganadería en los humedales: ¿tiene futuro?..... 285
Patricia Moreno-Casasola, M. Elizabeth Hernández, Adolfo Campos, César Vázquez-González, Hugo López-Rosas, Luis A. Peralta-Peláez, Roberto Monroy

04 Ganadería Sustentable en el Trópico Mexicano

Experiencias exitosas: una alternativa económica y de conservación.....315
Luis Caraza Stoumen

Sistema racional con silvopastoreo: Ganadería La Luna,
un enfoque práctico.....319
Luis Caraza Stoumen

La historia de un ganadero en la zona norte de Veracruz..... 339
Julio Alberto del Ángel Juárez

Ganadería agroecológica en una zona de bosque de niebla 345
Ricardo Romero González

Ganadería sustentable: Sendas, A.C. promoviendo un enfoque
de manejo de cuenca integral y compartido 369
Udavi Cruz-Márquez, Tajín Fuentes-Pangtay

La ganadería en Papantla, Veracruz: posibilidades para la sostenibilidad....391
*Lizbeth González-Gómez, Federico Escobar, Daniel González-Tokman,
Imelda Martínez Morales, Sandra D. Almendarez Rocha, Magdalena Cruz Rosales*

05 Propuesta

Financiamiento para el cambio: de ganadería tradicional a sustentable 411
*Ruy Halffter, Mariano Ruiz Funes, Alba Aguilar Priego,
Eduardo Trejo González, Magdalena Cruz R.*

Directorio de autores..... 421

Nuestros donantes al Foro-Taller (octubre de 2017)
y para la publicación de este libro..... 425

Agradecimientos 427

Presentación

A la mayor parte de los mexicanos nos gusta comer carne, queso y otros productos de origen animal; algunos son parte integral de varias de las cocinas típicas de nuestro país –cochinita pibil, tasajo, cecina, carnitas, barbacoa, mixiote, cabrito, etc. Muchas de las recetas tradicionales son sincréticas ya que combinan herencias prehispánicas y españolas: el achiote yucateco se usó para sazonar el cerdo ibérico, la hoja de maguey del Altiplano sirvió de aromático cuenco para cocer el pollo o el carnero en una mezcla de hierbas y chiles autóctonos, por ejemplo. Casi todos los animales requeridos por esas recetas llegaron a México con los conquistadores españoles; vacas, cerdos, cabras, borregos y gallinas arribaron a nuestro país y con ellos llegó también el conocimiento de cómo criarlos, es decir, llegó la ganadería.

Si se toma el caso de la cría de vacas, ilustrativo no sólo del cultivo de otros animales sino en general de las actividades productivas de la humanidad, se verá que durante siglos fue una empresa casi artesanal y con un mínimo impacto en el entorno. Los ranchos tenían unas cuantas cabezas de ganado que sacaban a pastar durante el día y guardaban de noche en el establo para protegerlas y poder ordeñarlas al día siguiente. Con el transcurso de los años, crecieron los hatos y fue necesario mover al ganado de engorda en busca de forraje; los animales eran conducidos por pastores moviéndose por el territorio al compás de las estaciones y dejando en él grabada su vocación pastoril (como en Paso del Toro o Boca de Ovejas, ambos en el estado de Veracruz); o simplemente los dejaban deambular libres durante meses por el monte, formando el bien llamado ganado montaraz.

Al aumentar paulatinamente la población humana, creció el requerimiento de carne, leche y productos lácteos, intensificándose así la producción ganadera y con ello su impacto ecológico. Poco a poco se fueron formando rebaños más grandes y cercanos a las granjas; hubo necesidad de tener más pastizales y por ello se talaron bosques y selvas; se tuvieron que crear bordos, acequias y canales para proveer agua a los animales y cada vez había menos ganado montaraz y más del tipo estabulado, es decir, guardado en establos en los que se le podía engordar rápidamente con granos y forraje cultivados en campos, donde probablemente antes había forestas.

Así, impulsada por el crecimiento poblacional y la concomitante demanda de alimentos, la ganadería literalmente fue ganando terreno en el país; muchas

veces convirtiendo extensiones de vegetación nativa en vastos pastizales para alimentar a los animales. Como muestra basta un botón: Veracruz es la entidad a donde llegaron las primeras reses en el siglo XVI y hoy es el primer productor nacional de ganado vacuno, que dedica a la ganadería 60% de su territorio. Por otro lado, Veracruz es el tercer estado más rico en biodiversidad, aunque actualmente queda menos de 19% de la cobertura vegetal original de la entidad –el resto está transformado por la acción humana, sobre todo por actividades agropecuarias.

Para dimensionar correctamente la creciente demanda sobre el sector ganadero, conviene considerar la magnitud del crecimiento poblacional humano en años recientes: hace 50 años, en 1968, había 3,500 millones de humanos sobre el planeta; hoy somos más de 7,000 millones y la predicción es que la población siga creciendo y demandando comida, entre muchas otras cosas. Este notable y acelerado crecimiento ejerce una presión colosal sobre los sectores productores de alimentos, la ganadería entre otros. Pero como se aclaró al inicio de este documento, la ganadería es sólo un ejemplo del impacto de las actividades humanas sobre el entorno: ¡los ganaderos no son "los malos de la película"! y en todo caso es la humanidad entera la que está creciendo a tasas casi exponenciales, demandando cada vez mayor productividad de todo tipo y, con ello, ejerciendo un impacto ecológico cada vez más severo sobre el planeta, el vivo y el inanimado, llevando a la pérdida de especies y al cambio climático, por citar sólo un par de afectaciones.

Inmersos como estamos en el Antropoceno, la terrible era del hombre y el monstruo de varias cabezas que la caracteriza (contaminación, erosión, afectación a la diversidad biológica, extinción de especies, especies invasoras, calentamiento global, desertificación, etc.), debemos detenernos y pensar que si queremos sobrevivir tenemos que replantear nuestra relación con el entorno y reconocer que somos los causantes de su deterioro, asumir que las actividades productivas tienen que ser sustentables –es decir, que permitan que los sistemas naturales se recuperen y puedan seguir brindando servicios ecosistémicos. Más aún, es necesario un cambio filosófico tal en que replanteemos nuestra comprensión del mundo, que pasemos de la concepción del inmutable mundo newtoniano que es capaz de proveer indefinidamente recursos animados e inanimados, base de tanto las religiones judeo-cristianas, como de la economía que espera un crecimiento *ad infinitum*; a reconocernos como parte de un mundo con límites biofísicos definidos.

Y en el campo de la ganadería tenemos que encontrar un nuevo equilibrio: ser más amigables con el medio ambiente y sus habitantes, pero al mismo tiempo más productivos y rentables en términos económicos. Acaso se antoja un objetivo descabellado e inalcanzable. Pero afortunadamente ya en el mundo tropical y subtropical hay casos exitosos de ganadería que buscan utilizar plantas nativas para alimentar al ganado y afectar menos a la vegetación y al suelo, por ejemplo modificando la manera en que se desplazan los animales en el terreno; de algún modo se trata de imitar el comportamiento de los herbívoros naturales.

Estos métodos de replantear la crianza de animales tienen distintos nombres (ganadería sustentable, silvopastoril, holística, Voisin, etc.) y ligeras diferencias entre sí, pero todos tienen en común la preservación del entorno, sin comprometer la rentabilidad de la ganadería.

En este libro se da cuenta cabal y evidencia de dos aspectos fundamentales: que es posible producir ganado de manera respetuosa con el entorno, contribuyendo a la conservación de la diversidad biológica y que es factible hacerlo y percibir ganancias económicas. Eso es crucial ya que implica un cambio conceptual, no asumir que la producción de riqueza forzosamente conlleva la destrucción (o cuando menos, transformación radical) del capital natural. Implica también una transformación de la comprensión económica de la ganadería: si bien para tasar la riqueza es importante considerar la cantidad de cabezas de ganado (de ahí justamente viene el término financiero de capital), también es importante considerar la rentabilidad de la actividad ganadera, más allá de la dimensión cruda de los hatos y luego, para "sacar bien las cuentas", es fundamental en los cálculos ponerle un costo económico realista a los menospreciados servicios ecosistémicos esenciales para nuestra supervivencia, preguntarse: ¿cuánto vale conservar el bosque que capta el agua que tomamos; que produce el aire que respiramos; aquel que nos brinda la temperatura de la cual gozamos?, ¿cuántos becerros y litros de leche extras producimos si talamos una extensión dada de bosque para convertirla en potrero? Y las preguntas más importantes: ¿vale la pena una ganancia económica marginal a costa del deterioro ambiental?, ¿hasta cuándo y a qué precio podemos seguir este modelo de "desarrollo"?

Bien se sabe que no hay receta perfecta y en esta obra no se pretende ofrecerla, sin embargo, se ponen a disposición del lector una amplia variedad de ingredientes para informarlo. Aquí encontrará los consejos sabios y comprobables que genera la ciencia, la mirada realista de los economistas y la invaluable experiencia de los ganaderos que se han aventurado a la ganadería sustentable. Se espera que a partir de esta mezcla de componentes surjan muchos ejemplos regionales de empresas ganaderas sustentables, rentables y exitosas –tan importantes para conservar de forma perdurable la esencia de nuestro país, como los mismos platillos regionales.

Miguel Rubio Godoy
Director General, Instituto de Ecología, A.C.

Ganadería sustentable *vs* extensiva:
CAMBIO DE MÉTODOS Y PROPÓSITOS AMBIENTALES Y SOCIALES

Gonzalo Halffter

De los tres estados megadiversos de México, es en Veracruz donde la calidad ambiental y las amenazas contra la diversidad biológica están en situación más crítica. Entre los años cuarenta y fines de los ochenta del siglo pasado se "desató" un programa de destrucción de bosques y selvas para dar lugar a la introducción de ganado con mezcla cebú, ese proceso, que de alguna forma continúa hasta nuestros días, es el principal responsable de la situación ambiental de nuestra entidad.

El uso masivo de agroquímicos y la concentración de esfuerzos en la optimización de una producción masiva: la agricultura y la ganadería industrializadas, aumentan los rendimientos pero tienen un pasivo evidente en el daño inmediato o potencial a la biodiversidad y al equilibrio ecológico. Independientemente de las condiciones de cada caso, de cada país o de cada clima, hay que aceptar que existe incongruencia entre eficiencia y alto rendimiento, por un lado y conservación de la naturaleza, por el otro. Eso sólo puede resolverse utilizando el conocimiento científico acumulado, que es mucho, para seguir políticas que no sólo sean eficientes sino también prudentes, poniendo énfasis en el bienestar social y el equilibrio y calidad ambiental.

La orientación que tiene este libro, esa que se quiere transmitir a quienes buscan desarrollar una ganadería sustentable en el trópico húmedo, es justamente el uso del conocimiento con prudencia. En Veracruz y en términos más generales en el trópico húmedo mexicano, debe ser prioridad la prudencia en los cambios que se introducen bajo el llamado de una modernidad aparentemente necesaria; todavía estamos sufriendo el desastre ecológico de los desmontes masivos para dar lugar a la "ganadería cebú".

En estos últimos años, existe preocupación por el ambiente en el medio ganadero. Algunos ganaderos (en general jóvenes con formación universitaria) están analizando las posibilidades de cambiar la ganadería extensiva que expandieron sus abuelos, a una de tipo sustentable que no sólo sea amistosa con el medio ambiente sino también dé mayores rendimientos. Uno de los componentes más interesantes de este libro son los testimonios de esos ganaderos, quienes relatan su experiencia e incluso nos dicen cómo han modificado sus puntos de vista

sobre lo que hay que hacer. Este libro y el Foro-Taller que lo antecedió, son reflejo de una demanda plural: mejores prácticas, menos agresivas con el medio ambiente, que den protección de la biodiversidad y redunden en mejores condiciones sociales; insistimos en que estos planteamientos no excluyen el hecho de que el ganadero pueda aumentar sus utilidades.

Para el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), ha sido una tarea ineludible plantear y coordinar el documento que ahora presentamos. Nuestra historia, desde su fundación en los años setenta, nos muestra involucrados con los problemas de la ganadería, especialmente con aquellos que derivan de destruir la fauna de escarabajos que reciclan el estiércol; también hemos desarrollado el análisis de la biodiversidad y de su dinámica. Otro componente muy importante en la historia del INECOL es el conocimiento de la flora y vegetación de Veracruz. El proyecto base del extinto Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), fue justamente el conocimiento y aprovechamiento de la flora veracruzana. El grupo de investigadores del INIREB que paso al INECOL, al trasladarse a su sede Xalapa a finales de los años ochenta, trajo consigo el conocimiento de la flora y vegetación de Veracruz, así como la experiencia acumulada en el manejo de plantas tropicales depositado en el Herbario y el Jardín Botánico; el INECOL siempre ha reconocido el decisivo aporte en el campo de la botánica tropical recibido de ese centro hermano: la herencia de Arturo Gómez Pompa y de sus alumnos.

Con la publicación del Decreto Oficial del Estado de Veracruz (Gaceta Oficial, 2015), se estableció la primera Reserva Archipiélago del Bosque de Xalapa. Ese fue un proyecto en el que un grupo de investigadores del INECOL colaboramos intensamente con el M. en I. Víctor Alvarado, entonces secretario del Medio Ambiente del Estado y con el Fondo Ambiental Veracruzano (FAV) que él también coordinaba. Terminados los trabajos de la Reserva, el FAV y el INECOL, junto con el Fondo Golfo de México (FGM) iniciamos una serie de acciones para apoyar distintos aspectos que consideramos asociados al desarrollo de la ganadería sustentable en Veracruz. Así, se estableció una estrecha colaboración con la doctora Renée González Montagut y el ya mencionado Víctor Alvarado.

Esas acciones institucionales avanzaron de manera independiente a las emprendidas por distintos ganaderos, quienes en sus predios iniciaron la transformación hacia la ganadería sustentable. El contacto entre estos ganaderos y el INECOL se estableció cuando los primeros recurrieron al Instituto para plantear los problemas que tenían de acumulación de estiércol. Empezaron así colaboraciones en torno a ese problema, que rápidamente abarcaron otros temas, hasta llegar a generar un plan de acción para la ganadería sustentable.

El problema del estiércol y su reciclaje continúa en colaboración entre el FAV, el FGM y varios investigadores del INECOL. En muy poco tiempo se han publicado tres libros con resultados obtenidos en Xico y Jilotepec, más otros cuatro libros y folletos sobre el problema en general; en esos proyectos ha destacado la colaboración con el ingeniero Luis Caraza, ganadero de la región.

Desde el inicio de nuestras acciones estaba convencido de que la transformación de dos o más ranchos no cambiaría las condiciones generales. Para obtener mejor calidad del agua, control de la erosión y protección de la biodiversidad, hacía falta "escalar" las acciones a nivel paisaje, es decir, trabajar con miles de hectáreas. Esas ideas, discutidas con los participantes del proyecto, llevaron a la preparación de planes y documentos para darles una dimensión regional a los trabajos que se estaban realizando.

El contacto directo con colegas involucrados en esa problemática nos llevó a conocer un proyecto semejante que se está realizando en Colombia, denominado Ganadería Colombiana Sostenible. Dicho proyecto propone la transformación, a nivel regional, de una ganadería extensiva hacia una ganadería sustentable; que tiene como principal atractivo la escala. Con un apoyo inicial del Banco Mundial (7 millones de dólares) se planteó la transformación en una extensa región de Colombia. El proyecto cuenta con la colaboración de los ganaderos y con el liderazgo y supervisión de un grupo técnico, el Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV).

El proyecto en el INECOL inició en 2011. En 2016 ya muy avanzados en la organización y con los fondos Ambiental Veracruzano y del Golfo, consideramos

que era conveniente un contacto más directo con los expertos colombianos, para ello invitamos al MVZ Álvaro Zapata Cadavid a realizar un recorrido por varios ranchos que ya se estaban transformando y otros que no lo estaban haciendo y hacer un dictamen de la situación de la ganadería en el trópico húmedo mexicano; este viaje de estudio y las conferencias que siguieron tuvieron lugar en noviembre 2016.

Siempre en colaboración con los fondos Golfo y Ambiental Veracruzano, el siguiente paso fue la convocatoria para un foro-taller a celebrarse en octubre 2017, se buscó que incluyera a los distintos elementos que participan o puedan participar en la trasformación de la actividad ganadera. Para tener una adecuada representación del sector financiero solicité la colaboración de Ruy Halffter Marcet (exdirector de Ingeniería Financiera de Bancomer) y a Mariano Ruiz-Funes (exsubsecretario de Agricultura). Gracias a su apoyo tuvimos la participación de muy altos funcionarios de FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura), Bolsa Mexicana de Valores, Banco de Sabadell, Banca Finterra, Banco del Bajío y SOFRAGO. Como representación política tuvimos la asesoría de José Antonio González Azuara, entonces delegado federal de la Secretaría de Medio Ambiente. Mariana Aguilar López, de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de Veracruz tuvo la amabilidad de realizar la clausura del evento.

Teniendo que actuar con fondos muy reducidos, ni el Foro-Taller ni este libro se hubieran realizado sin el apoyo de los directores generales del INECOL, doctores Martín Aluja Schuneman y Miguel Rubio Godoy. El 8 de agosto de 2017 el director general del INECOL me nombró coordinador del Foro-Taller. Este se celebró los días 22 a 25 de octubre del 2017 en el Campus III del propio INECOL situado en Xalapa, Veracruz, con la participación de cerca de 500 personas. Este libro es la primera recopilación de información sobre ganadería sustentable en Veracruz; muchos capítulos, especialmente los que se empezaron a elaborar después del Foro-Taller se han terminado bajo presión y es importante mencionarlo, este es un primer paso que esperamos continúe.

Cabe añadir que, aunque ya se está generalizando el término sustentable para calificar el uso de recursos naturales sin exponer su futuro, un planteamiento derivado del Reporte Brundtland (1987), en lo que se refiere a la ganadería sustentable dos libros han sido muy importantes: el de Voisin y Le Conte (1962) sobre el sistema de pastoreo racional y el de Savory y Butterfield (2016) sobre manejo holístico del ganado.

Para nuestros propósitos, ganadería sustentable implica una racionalización de esta actividad junto con una valorización del medio ambiente, muy especialmente de su componente biótico. No sólo se quiere producir y de manera sustentable (es decir, que lo que se produce hoy no afecta lo que se produzca mañana), se pretende no afectar y recuperar un medio ambiente deteriorado, o al menos tratar de aproximarse a las condiciones naturales anteriores a la ganaderización.

Ganadería extensiva y deforestación en Veracruz

La relación entre ganadería y deforestación en Veracruz y en el trópico húmedo mexicano ya ha sido tratada. Recomendamos la lectura, en este libro, del capítulo de Renée González Montagut. Además, están las contribuciones básicas de Boege y Rodríguez (1992), Barrera-Bassols y Rodríguez (1993), Barrera-Bassols *et al.* (1993) y Toledo *et al.* (1993).

El ganado introducido por los españoles desde el siglo XVI se adaptó a las selvas de las llanuras costeras sin provocar grandes cambios ecológicos ni tampoco sufrirlos en su comportamiento. Entre las décadas de los años cuarenta y ochenta del siglo pasado ocurre el gran cambio: la ganaderizacion del paisaje veracruzano. En aproximadamente cuarenta años se destruyeron dos millones de hectáreas de bosques y selvas.

El proceso de deforestación del trópico veracruzano está asociado a la introducción del ganado cebú (*Bos indicus*) procedente de Brasil, hecho simultáneo a la introducción de pastos africanos. El ganado cebú original se cruzó con distintas razas locales hasta el punto de que en pocos años estas desaparecieron. Los pastos introducidos se extendieron y adaptaron a los ambientes veracruzanos. Los desmontes tuvieron tal presión que se constituyó una Comisión Nacional de Desmontes, organismo gubernamental que contribuyó al cam-

bio del paisaje veracruzano. Los certificados de inafectabilidad ganadera contribuyeron a la formación de grandes propiedades ganaderas que favorecieron desmontes y siguió la expansión de pastos y de ganado cebú. Dos tendencias se unieron y retroalimentaron: por una parte, la destrucción masiva de los bosques y selvas, por otra, la escasa rentabilidad económica del campo veracruzano. Veracruz ocupó y ocupa hasta hoy uno de los primeros lugares en pobreza dentro de México.

En 1976, los bosques y selvas de Veracruz cubrían una extensión de 2 millones 600 mil hectáreas. En 1983 esa extensión había quedado reducida a 800 mil hectáreas. Distintos autores coinciden en la pérdida de 2 millones de hectáreas debido al proceso de ganaderización. Eso equivale a 27.4% de la superficie total del estado de Veracruz perdida. Para 2014, según datos del INEGI, 56% del territorio mexicano estaba dedicado a la ganadería; concretamente en Veracruz solo 19% de la extensión del estado conservaba su vegetación original, mientras que el hato de bovinos se calculaba en 3.3 millones de cabezas.

Para el trópico mexicano y para Veracruz la ganadería extensiva ha representado la degradación de los suelos, la reducción de la biodiversidad, en suma, la pérdida de calidad ambiental y de vegetación sin generar bienestar social. Las estimaciones de valor económico son siempre aproximadas y riesgosas, pero si tomamos en cuenta las cifras dadas por Barrera-Bassols (1995) para estimar lo que ha representado la destrucción de selvas y bosques por la ganaderización, tenemos que entre 9 y 18 mil millones de dólares es el valor que se supone tenían los bosques y selvas que han sido destruidos.

El futuro

Si bien la lectura de algunos capítulos de este libro provocará una reacción de optimismo ya que de forma espontánea muchos ganaderos están promoviendo el cambio, invirtiendo su tiempo, esfuerzo y fondos, debemos estar conscientes de que a medida que la tendencia aumente a escala espacial, las preguntas se van a ir acumulando y entonces debemos reconocer que no tenemos experiencia sobre lo que puede ocurrir al introducir árboles y arbustos en un paisaje previamente desmontado, aún cuando sean especies del lugar.

Un paisaje de bosques o de selvas poco modificado o no modificado es equivalente a un paisaje con un solo componente o con un solo tipo de vegetación. Con el desmonte, introducimos un segundo componente, generamos un paisaje con fragmentos y con una matriz. Los fragmentos corresponden a lo que queda de la vegetación original, la matriz a la vegetación secundaria o bien a los pastizales. Las relaciones estructurales y dinámicas entre uno y otro tipo de vegetación son esenciales en la dinámica ecológica del paisaje, pero ésta va a variar según el tamaño de los parches, de la calidad y de la composición de la matriz.

Un paisaje de bosques o selvas poco modificado, o no modificado, es equivalente a un paisaje con un sólo componente. Con los desmontes para fines ganaderos se introduce un segundo componente al paisaje: los pastizales. En esos paisajes con dos componentes se van a dar distintas configuraciones espaciales, según la importancia relativa de cada componente.

En general hay un componente discontinuo representado por los remanentes del bosque o selva original y un componente continuo: la matriz, integrado por los pastizales y los lugares con vegetación secundaria; la matriz rodea a los fragmentos (este tipo de paisaje abundante en el trópico mexicano ha sido estudiado por Guevara *et al.,* 2005). Entre esos dos componentes bien definidos podemos encontrar una estructura en la cual árboles, pastizales y elementos de vegetación secundaria no tienen límites exactos. Haciendo un símil con lo que ocurre en los mármoles rojos o verdes en donde la parte colorida forma manchas de dibujos y contornos muy variados: los mármoles jaspeados o variegados, se ha llamado a estos paisajes variegados. En donde la modificación es gradual y no hay un desmonte violento y masivo el componente variegado es importante.

Vemos que la situación se complica, no tenemos suficiente información de cómo reaccionan los distintos componentes del paisaje, incluso desconocemos las variaciones que pueden presentarse de acuerdo con el tipo que estamos tratando; los cambios pueden estar dados por la siembra de vallas, bordos, protección de arroyos, bordes de caminos, etc. Tampoco tenemos suficiente experiencia de lo que ocurrirá ante la siem-

bra de distintas variedades de árboles o arbustos destinados especialmente a servir de forrajes complementarios.

Sin embargo, en cualquier caso tenemos un campo abierto a la investigación ya que el tipo de respuesta que encontremos va a ser importante y determinante para saber en qué forma vamos a proponer la reforestación como una de las estrategias de transformación hacia la ganadería sustentable, dada sobre paisajes fragmentados y variegados (McIntyre y Barrett, 1992; Guevara *et al.,* 2005; Rös *et al.* 2012; Costa *et al.* 2017).

Referencias

Barrera-Bassols, N. 1993. El impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz. Pp. 79-114. En: E. Boege y H. Rodríguez (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Fundación Frierich Ebert, Ciesas, Instituto de Ecología, A.C., México.

_____. 1995. *Historia ambiental de la ganadería en Veracruz: 1519-1990.* Tesis de maestría, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Golfo, Xalapa, Veracruz.

Barrera-Bassols, N., López Binquist, C. y Palma Grayeb, R. 1993. Vacas, pastos y bosques en Veracruz: 1950-1990. Pp. 35-71. En: Barrera Bassols, N. y Rodríguez, R. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz: impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz.* Fundación Friedrich Ebert, Xalapa, Veracruz.

Barrera-Bassols, N. y Rodríguez, R. (Coords.) 1993. *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz: impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganaderia en Veracruz.* Fundación Friedrich Ebert, Xalapa, Veracruz.

Brundtland, G. (1987). Our common future: report of the 1987 World Commission on Environment and Development. United Nations, Oslo.

Chará, J., Murgueitio, E., Zuluaga, A. y Giraldo, C. 2011. *Ganadería colombiana sostenible*. Mainstreaming Biodiversity in sustainable cattle ranching. Fundación CIPAV. Cali, Colombia.

CONABIO (**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**). 2013. Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Veracruz. CONABIO, México.

Costa, C., Oliveira V., H.F., Maciel, R., Beiroz, W., Korasaki, V. y Louzada, J. 2017. Variegated tropical landscapes conserve diverse dung beetle communities. *PeerJ*, 5, e3125.

Gaceta Oficial. 2015. Decreto por el que se declara área natural protegida en la categoría de corredor biológico multifuncional y se denomina Archipiélago de Bosques y Selvas de la Región Capital del Estado de Veracruz, un total de 7 polígonos ubicados en la zona establecida como reserva ecológica restrictiva en la actualización del programa de ordenamiento urbano de la zona conurbada Xalapa-Banderilla-Coatepec-Emiliano Zapata-Tlalnelhuayocan. Órgano del Gobierno de Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Publicado el 5 de enero de 2015.

Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez-Ríos, G. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia*, 30(10): 595-601.

McIntyre, S. y Barrett, G.W. 1992. Habitat variegation, an alternative to fragmentation. *Conservation Biology,* 6(1):146-147.

Rös, M., Escobar, F. y Halffter, G. 2012. How dung beetles respond to a human modified variegated landscape in Mexican cloud forest: a study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. *Diversity and Distributions,* 18(4):377-389.

Savory, A. y Butterfield, J. 2016. *Holistic management: a common sense revolution to restore our environment* (3a ed.). Island Press. Washington, D.C.

Toledo, V.M., Carabias, J., Toledo, C. y González Pacheco, C. 1989. *La producción rural en México: alternativas ecológicas*. Vol. 6, Colección Medio Ambiente, México: Fundación Universo Veintiuno, A.C., Prensa de Ciencias, UNAM, México.

Voisin, A. y Lecomte, A. 1962. Rational grazing: *the meeting of cow and grass. A manual of grass productivity*. Crosby Lockwood y Son, Londres, Reino Unido.

Ganadería, medio ambiente y biodiversidad

01

Ganadería sustentable y ecología

José Sarukhán

Considero que un par de principios, bien conocidos y documentados, son fundamentales para enmarcar el contenido de la presente contribución:

- Las políticas y las formas en que se decidan obtener/producir los alimentos, en las siguientes dos o tres décadas, definirán el grado de conservación –o destrucción– de los ecosistemas naturales –tanto terrestres como marinos– del planeta y, en nuestro caso, de México.

- La producción/obtención de alimentos para los humanos ha sido, históricamente –y continúa siendo en el presente–, la causa más importante de transformación y pérdida de la diversidad biológica, por la inevitable erradicación o profunda alteración de los ecosistemas naturales. Es un cambio drástico el que se provoca a los servicios ambientales que proveen los ecosistemas naturales con la producción de alimentos.

De acuerdo con IINAS (2013) y Ellis (2011), se han perdido alrededor de 75% de las áreas boscosas o naturales existentes hace unos diez mil años. En México sólo subsisten entre 20 a 30% de todos los tipos de selvas tropicales, desde las estacionales hasta las siempre verdes (figuras 1 y 2) y la gran mayoría existe en pequeños fragmentos.

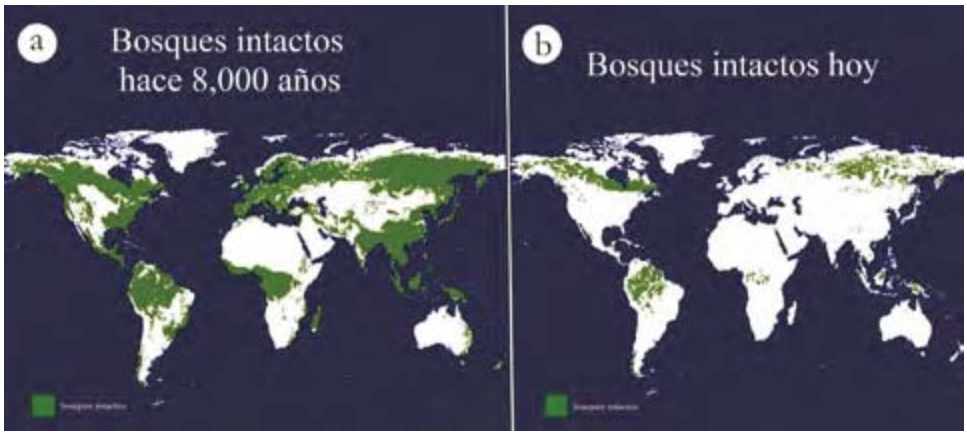

Figura 1. Efectos de la producción de alimentos en la pérdida de la biodiversidad terrestre. a) masas forestales originales hace 8 mil años, b) situación de los bosques en el presente (Fuente: Forests for all Forever, FSC.org).

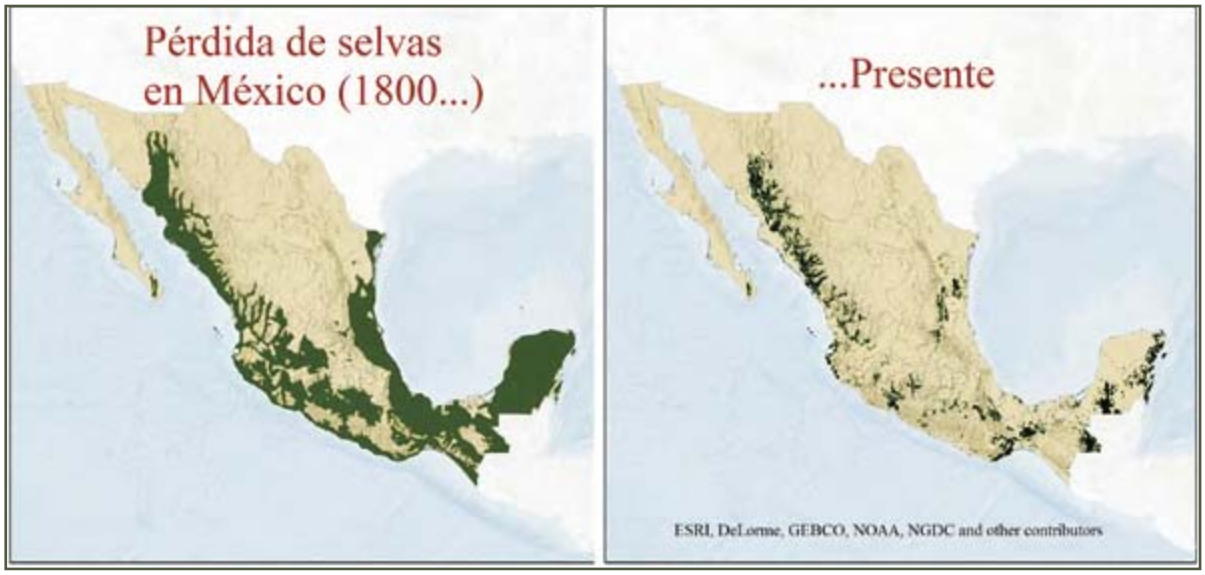

Figura 2. Efecto de la transformación de selvas tropicales en México para la producción de alimentos en los últimos dos siglos (Fuente: CONABIO*).*

Los bosques "primarios", relativamente bien conservados, cubrían 70% de la superficie terrestre en 1900; un siglo después no llegaban a cubrir 19% y las tendencias, en los últimas dos o tres décadas, de transformación de bosques tropicales y otros ecosistemas para satisfacer la demanda de carne estabulada y de aceite de palma, han reducido drásticamente el remanente de ecosistemas naturales; dichas pérdidas intensas han llevado a calcular al World Resources Institute de Washington, que sólo 15% de los ecosistemas forestales constituyen en la actualidad extractos de cierta relevancia en términos de extensión y cerca de 40% representa bosques o selvas fragmentadas.

Múltiples factores, pero en especial varias tendencias socioeconómicas juegan un papel importante en el mantenimiento de este estado de cosas: *a)* el incremento de la afluencia económica *per capita* en el mundo (Figura 3); *b)* las limitaciones en producción de granos a escala global (Figura 4); *c)* los intensos cambios en las dietas de países populosos que están en un activo proceso de desarrollo, como China e India (Figura 5) y, finalmente, aunque de manera un poco más moderada *d)* el crecimiento poblacional en muchos países en vías de desarrollo.

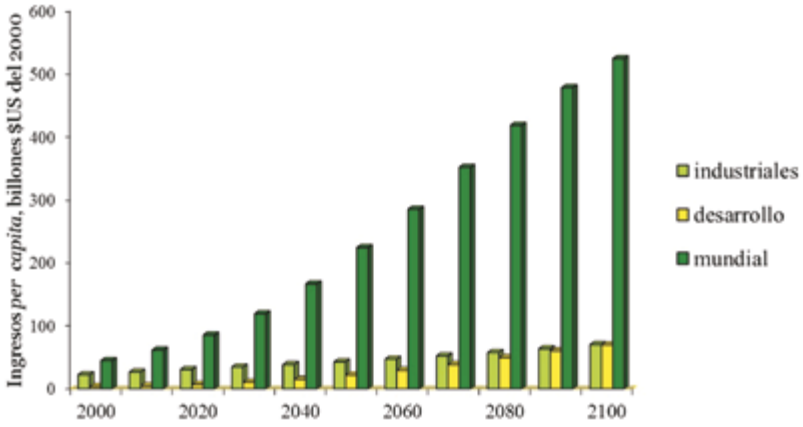

Figura 3. Tendencias de ingreso económico per capita mundial, de países industrializados y en desarrollo, para el siglo XXI *(Fuente: Banco Mundial).*

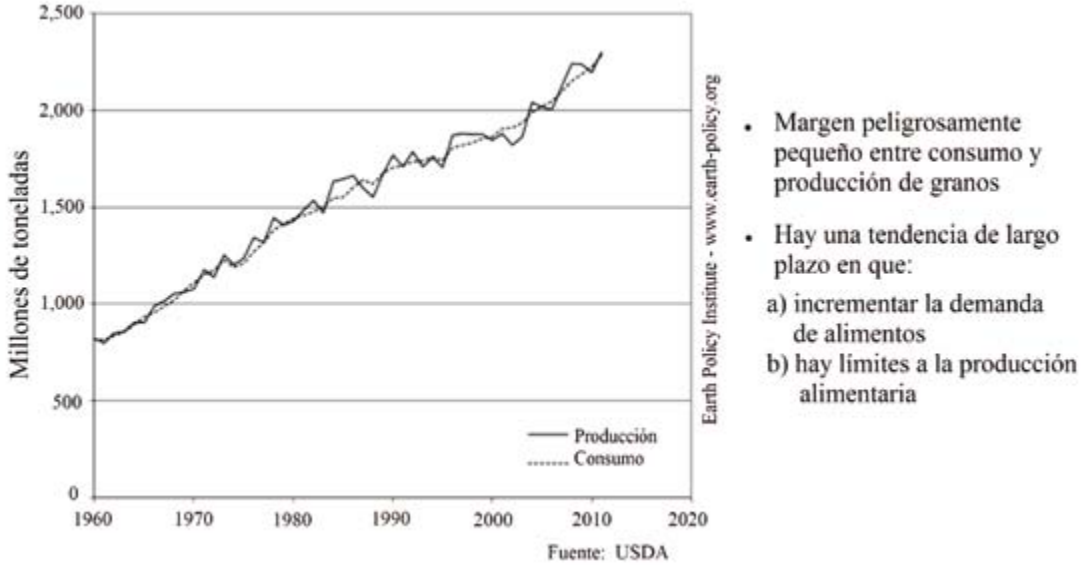

Figura 4. La carrera entre demanda de consumo de alimentos y su producción a nivel mundial (Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA).

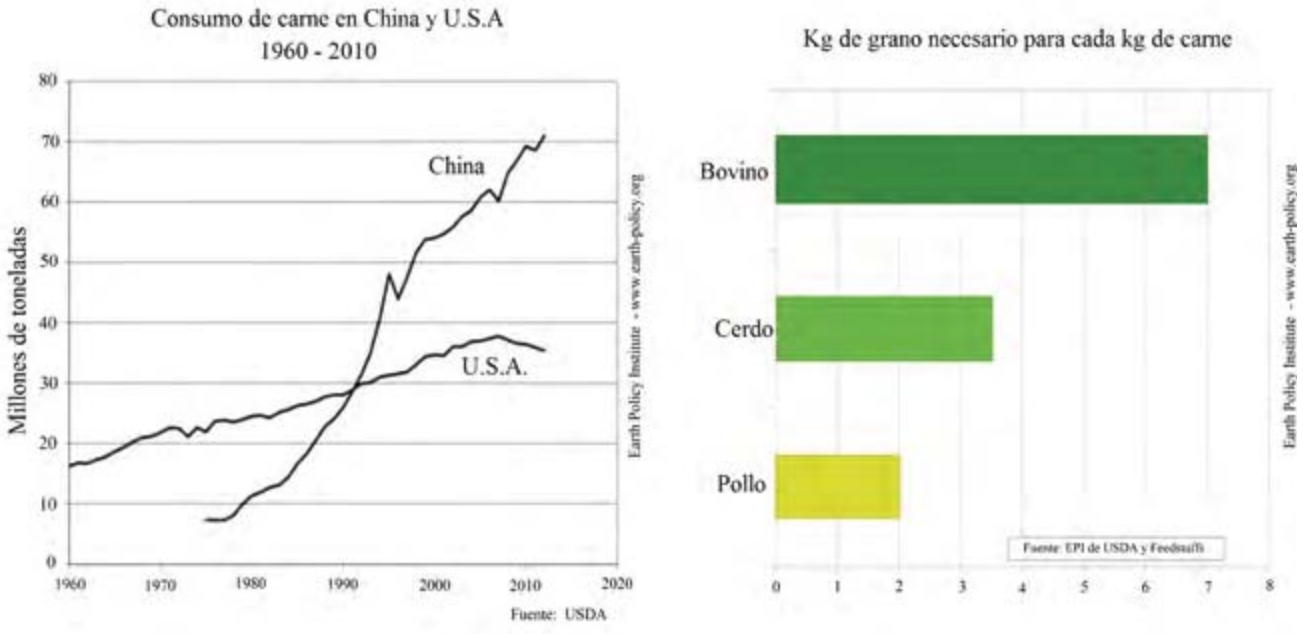

Figura 5. Se muestra la escasa brecha entre producción y demanda de alimentos agravada por las tendencias dietarias del mundo. El impacto sobre la producción agrícola y el ambiente es considerable. (Fuente: USDA).

La población mundial, a mediados del siglo XXI, alcanzará en una estimación mediana 9,800 millones de personas, pero el factor más impactante será el aumento de las tasas de consumo *per capita,* en una gran proporción, de los habitantes del 2050, que no sólo incluye bienes materiales y energía, sino de manera muy importante tipos de dieta cuyos impactos ambientales son muy severos.

Aunque diversos puntos de vista en el tema de la producción mundial de alimentos insisten en que hay que duplicar la producción para mediados del siglo XXI, la solución no puede ser solo una. Se requiere, es cierto, un aumento de la producción, pero que debe ir acompañado de mucha mayor eficiencia y sustentabilidad energética, económica y social, más de lo que ha sido posible lograr hasta ahora. Igualmente, será difícil alcanzar niveles adecuados de abastecimiento alimentario si los inaceptables niveles de desperdicio de producción agrícola y pecuaria, a escala global o nacional, se mantienen en alrededor del 35% de los productos cosechados u obtenidos. Si no hay un cambio de paradigma en las formas de nuestra producción agrícola, pecuaria y pesquera en general –en particular en nuestro país– será casi imposible lograr una seguridad alimentaria que represente, para la sociedad, al menos aceptables niveles de equidad y calidad nutritiva.

Entre esos cambios paradigmáticos deberán confluir varios de los siguientes elementos:

- Una mayor y más fundamentada planificación ecológica del territorio.

- La adopción de políticas agrícolas basadas en la realidad de la diversidad ecológica, cultural, social y económica de nuestro país.

- El abandono del síndrome de maximizar el beneficio económico, de la actividad agrícola, pecuaria y pesquera, en el menor tiempo posible, ignorando sus consecuencias sociales, económicas y ecológicas.

- Incorporar en los costos de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros, las externalidades económicas de su producción.

- Dar los apoyos de tipo económico, fundamentalmente de financiamiento y de extensionismo, apropiado a los productores –sobre todo a los campesinos que producen en áreas temporaleras– y generar políticas de promoción y valoración social adecuada de los productos en los mercados regionales o nacionales.

Las producciones agrícola, pecuaria y pesquera, pero en especial las dos primeras, deben liberarse del esquema propagandístico de algunos organismos internacionales y de la agroindustria internacional que ha dominado por décadas las políticas agrícolas y pecuarias de muchos países, el nuestro incluido, liberarse de la idea de que la única forma de atender la satisfacción de alimentos para la población que habrá dentro de unas décadas, es por medio de la producción agrícola altamente tecnificada y con altos insumos de agroquímicos y agua.

Este modelo ya es –probadamente– inaceptable, desde los puntos de vista económico, ecológico y social, eso para muchas instancias, incluidos algunos organismos internacionales que antes promovían ese tipo de agricultura como respuesta o solución del problema alimentario mundial (p. e., el Banco Mundial y otros organismos financieros internacionales, la FAO, etc.). La lista de efectos negativos severos sobre el ambiente, la economía local, el bienestar social y la salud es muy larga y documentada, desde luego sin ignorar ni minimizar que en un buen número de circunstancias, esa agricultura ha significado en el pasado la solución a hambrunas y problemas serios de desnutrición en varias zonas del mundo. Sin embargo, las llamadas "externalidades" de esos sistemas de producción continúan siendo numerosas y muy severas. Tenemos que lograr la solución de las demandas de buena y suficiente alimentación en un balance tal que nos permita mantener la producción alimentaria de manera sustentable y permanente.

Producción de carne en el mundo

Desde 1961 hay datos fiables y comparables que muestran que la producción de carne se ha cuadruplicado; esto ha sucedido en parte por el crecimiento poblacional exponencial que ocurrió en casi todo el mundo, en particular a partir de esa década y luego

avanzó crecientemente, generando el aumento acelerado de la demanda *per capita* por los productos alimentarios y, en especial, por los marcados cambios en la dieta en países populosos y en desarrollo industrial, como India y China. De 1800 a nuestros días, la producción global de carne ha aumentado 25 veces, es decir, más de 3.6 veces el equivalente al incremento poblacional. La producción global de carne en 2013 fue de 308.5 toneladas, 1.4% mayor que en 2012 y se proyecta que la producción anual se estabilizará en unos 321 millones de toneladas.

La dimensión del impacto ambiental y en la salud pública de la producción y consumo de carne

El reporte de la FAO de 2006, intitulado *Livestock's long shadow,* menciona que la producción de carne (ganado vacuno, búfalos, borregos, chivos, camellos, cerdos y aves) representa un poco más de 18% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Un estudio más reciente (Goodland y Anhang, 2009) calcula que el ganado y la elaboración de sus diversos productos, representa al menos 51% de las emisiones de GEI.

Alrededor de 70% de la producción agrícola –utilizada para la alimentación de los diversos tipos de ganado– y un 30% de la superficie del planeta están dedicados a la producción animal. Los efectos sobre la biodiversidad son muy importantes; cerca de 1/6 de la pérdida de especies se debe a esta actividad, por la deforestación. Por ejemplo, la producción de soya en regiones cubiertas de selvas tropicales en América del Sur ha devastado enormes áreas, tanto de la selva amazónica como de la porción sur de Brasil. Latinoamérica perdió 260,000 km^2 de bosques/selvas entre 2001 y 2010 para producción de carne y se han generado serios deterioros en la calidad del agua para consumo humano en muchas regiones del planeta, debido a las descargas de amonio y óxidos de nitrógeno en las zonas de producción intensiva de ganado.

Según cálculos del World Resources Institute de Washington, las zonas tropicales del mundo perdieron, tan sólo en los dos últimos años (2016-2017) una superficie cubierta de selvas equivalente a la extensión de Vietnam (unos 330,000 km^2); lo anterior es comparable a una catástrofe en términos de la tasa de cambio climático, dado que la deforestación de las zonas tropicales del mundo aporta 8% de las emisiones de GEI, además de los profundos efectos que tiene por la reducción y fragmentación de las masas boscosas, la defaunación de las selvas y la irrupción de epidemias emergentes, tales como las que ya se han presentado, como el ébola, la infección del virus de nipah o la epidemia de zika.

Si se adoptara una política de cero deforestación, al menos en las zonas tropicales del mundo y se estimulara la recuperación de las zonas perturbadas por medio de la sucesión secundaria natural, se podrían reducir la emisiones de GEI en 25-30%, sin afectación de la economía de las zonas industriales, esto sin mencionar que la mayor parte de la deforestación de las zonas tropicales es ilegal y afecta severamente la economía y el bienestar de quienes viven en y de las zonas tropicales.

Un reciente estudio publicado en *Nature Climate Change,* sugiere que si las tendencias de consumo de alimentos –y por lo tanto de su producción– se mantienen como en el presente, "alcanzarían o sobrepasarían por sí mismas, las metas globales de reducción de emisiones de GEI de la economía mundial para el 2050"; mantener esas metas implicaría tener que "descarbonizar totalmente los sectores industrial y energético globales".

Lograr lo anterior es algo que, en mi opinión, está fuera de las posibilidades reales de las economías nacional y global actuales, en consecuencia, se requiere de una firme, excepcional e intensa acción educativa e informativa, por parte de los gobiernos nacionales y de otras instancias –como las organizaciones de la sociedad civil–, para modificar el comportamiento humano, especialmente en lo que se refiere a la adopción de dietas no propias de la cultura de nuestra sociedad, como es el caso de la dieta actual de la población de nuestro país.

Los dos problemas de salud poblacional más serios de México son, por un lado, la obesidad/sobrepeso de niños y adultos (Figura 6) y, paradójicamente, la desnutrición de importantes grupos de infantes y adultos, sobre todo en zonas rurales. Aunque no de forma exclusiva, estos dos problemas son resultado de la adopción de hábitos alimenticios ajenos a los tradicionales de nuestras sociedades, básicamente generados

Figura 6. Los costos y daños ambientales a la economía y a la salud humana por obesidad y enfermedades cardíacas son enormes en México, que paradójicamente combina problemas de obesidad con la malnutrición de infantes y jóvenes.

tanto por modas y propaganda comercial, así como por los patrones de actividad diaria de la gente, en especial de las madres de familia, quienes además de tener un puesto de trabajo tienen que atender las necesidades de alimentación de los miembros de su familia y recurren a formas más sencillas en la preparación de los alimentos, lo que usualmente representa la utilización de comida industrializada que requiere poco tiempo de preparación para servirse a la mesa.

Sistemas agrosilvopastoriles

Los anteriores argumentos no conllevan el mensaje de evitar la producción y consumo de carne en México o en el mundo, simplemente a lo que apuntan es a una educación dietética capaz de balancear la ingesta de una diversidad de alimentos, sin demérito del valor nutritivo de los mismos y con resultados muy positivos sobre la salud humana y de los ecosistemas naturales del planeta, de los cuales dependemos para asegurar el bienestar de toda la población mundial.

En muchos países existe una creciente demanda, por parte de los consumidores, de mejores estándares de producción de carne, así como de mejoría en el bienestar de los animales antes de su matanza, demandando que se reduzca al máximo el impacto de la producción sobre el medio ambiente, tanto local como global, elementos básicos para el desarrollo de los diversos tipos de métodos de producción agrosilvopastoril diseñados y utilizados por un creciente número de ganaderos en el mundo y en México. En esos sistemas se encuentra el uso de una amplia gama de elementos de la diversidad biológica propia de las zonas de producción de carne.

Una poderosa razón para la adopción de esas metodologías de producción pecuaria, reside en el hecho de que la mayoría de los actuales sistemas de producción animal han mostrado ser insustentables ecológica y económicamente. Otro elemento de importancia es que el cambio, al menos en lo que se refiere a las formas de producción de ganado vacuno, se ha basado en información proveniente de investigación seria y cuidadosa que cuantifica a detalle la contribución de la diversidad biológica, el cuidado en las intensidades de pastoreo y otros elementos experimentales más, así como el resultado final de la producción animal.

Es especialmente importante la mezcla de especies en las áreas de pastizales, con la introducción de arbustos y árboles seleccionados por sus características y efectos positivos en la conservación del suelo y su fertilidad, que además pueden ser fuente adicional de forraje para los animales, así como por su capacidad de retención de agua y estabilización del ecosistema de pastoreo, entre otros elementos de valor económico.

El resultado es un sistema de pastoreo más sustentable y productivo que mejora el bienestar animal e incrementa la biodiversidad del ecosistema, incluyendo elementos de fauna depredadora de plagas, además de aumentar la capacidad de resumidero de carbono del sistema y el conjunto de su economía en el largo plazo (Figura 7).

Uno de los resultados de los diferentes proyectos de producción agrosilvopastoril, es que los rumiantes que consumen las plantas de los sistemas silvopastoriles muestran un aumento en la producción de leche (de 4 a 5 veces más leche por hectárea), en comparación con los animales de pastizales ordinarios (Figura 8); otro elemento de importancia que subyace los resultados anteriores es el aumento de cabezas de ganado por hectárea en esos sistemas (Figura 9).

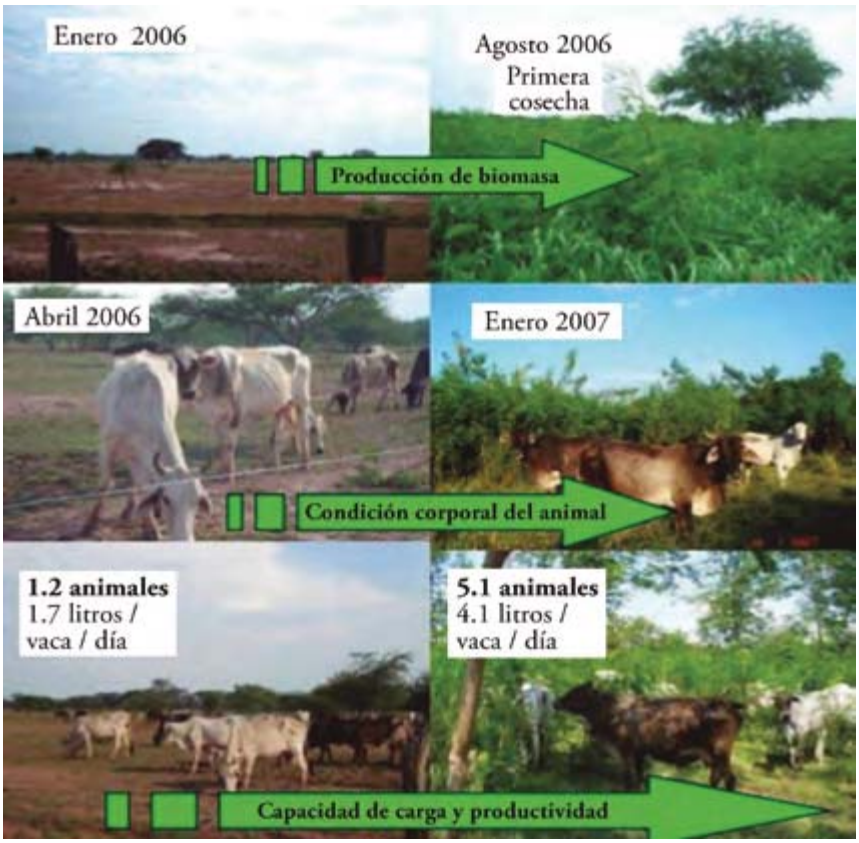

Figura 7. Resultados del manejo agrosilvopastoril, comparados con el manejo tradicional de pastizales en tres importantes parámetros de producción ganadera: producción de biomasa utilizable como forraje para el ganado, condiciones de crecimiento del ganado y capacidad de carga animal y productividad animal en carne y/o leche (Chara et al., 2013).

Figura 8. Hacer manejo agrosilvopastoril, utilizando sistemas forrajeros estables y resilientes, genera biodiversidad al sistema de producción de forraje y mejora la salud y bienestar del ganado.

Figura 9. Comparativo sobre la eficiencia de los sistemas silvopastoriles en zonas tropicales de baja precipitación, en Colombia, contra los sistemas tradicionales de pastoreo extensivo (Fuente: Murgueitio et al., 2012, citado en Calle et al., 2012).

Un elemento clave del éxito de estos sistemas multipropósito de producción ganadera, es que deben estar apoyados en un manejo basado en una observación e investigación sistemáticas por parte de quienes manejan el ganado, con registro minucioso de los resultados obtenidos con la aplicación de diferentes técnicas de producción, de manera que se pueda ir avanzando, por aproximaciones sucesivas, hacia un sistema productivo bien adaptado –pero también posible de ser modificado– a las condiciones ambientales que inciden sobre el pastoreo y a un manejo controlado del mismo, con la ayuda de algunas tecnologías sencillas, como son los cercos eléctricos (Figura 10).

El uso de imágenes satelitales para monitorear praderas a escalas adecuadas es importante; las imágenes Landsat –relativamente accesibles y baratas– obtenidas con sensores multiespectrales, están entre las más utilizadas. De la misma manera, la aplicación de índices de composición florística y monitorear el "estado de salud" de la vegetación que cubre el suelo del pastizal, son herramientas indispensables para

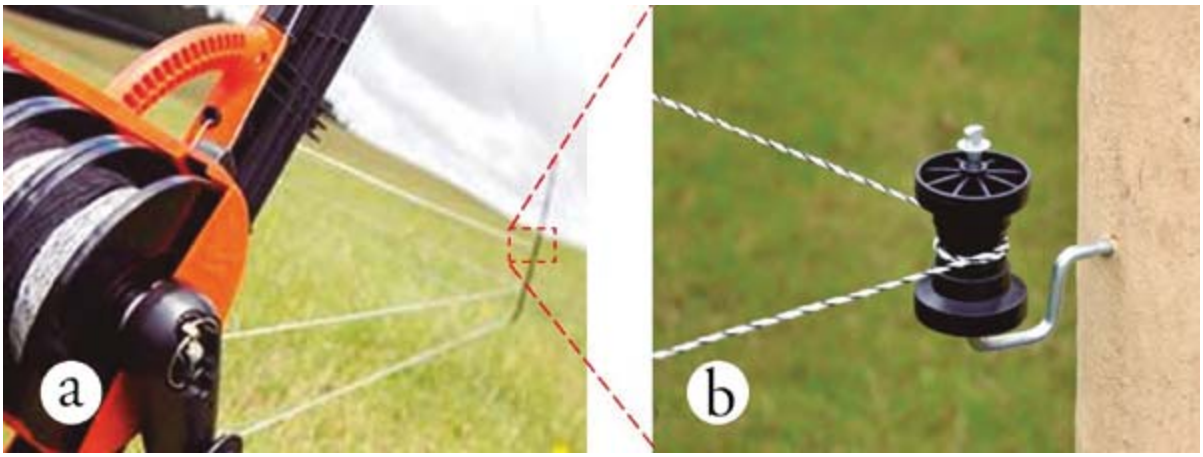

Figura 10. El manejo programado de intensidades y tiempos de pastoreo en los sistemas silvoagropastoriles, con cercos eléctricos sencillos (a y b), está basado además en un monitoreo que ayuda a mantener las condiciones óptimas de los pastizales, a conservar el buen estado del suelo (en nutrientes y capacidad de retención de agua) e incrementa la productividad por superficie utilizada.

tomar decisiones de periodicidad e intensidad de pastoreo. En otras palabras, es indispensable alcanzar lo que podría llamarse un "manejo científico" de estos sistemas, para tener los mejores y más sustentables resultados en la adopción de sistemas agrosilvopastoriles.

Principales elementos de monitoreo

Finalmente, hay tres mediciones básicas de los elementos de los sistemas agrosilvopastoriles que deben ser consideradas y nunca descuidarse:

- La cobertura de vegetación útil del suelo (que incluye tanto gramíneas como especies latifoliadas).
- La extensión de los espacios no cubiertos por vegetación.
- La estabilidad del suelo, midiendo la textura y composición (porcentaje de arcilla, limo y arena) como indicadores de la susceptibilidad del suelo a la erosión.

Con los datos anteriores es posible estimar la estabilidad, tanto de la vegetación como del suelo, así como la estabilidad hidrológica. Todos deben ser métodos de medición simples y entendibles para los ganaderos y el personal de campo que los auxilia.

Referencias

Calle, Z., Murgueitio, E. y Chará, J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylva* 239, 63:31-39.

Chará, J., Murgueitio, E. y Calle, Z. 2013. Silvopastoral systems to promote forest protection in Colombia. Centre for Research on Sustainable Systems of Agricultural Production Cali, Colombia. En: www.cipav.org.co.

IINAS (International Institute for Sustainability Analysis and Strategy). 2013. Global land use scenarios: findings from a review of key studies and models. Globalands Working Paper AP 1.3, Darmstadt, Germany. 33 pp.

Ellis, E.C. 2011. 2. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences,* 369:1010-1035.

Goodland, R. y Anhang, J. 2009. Livestock and climate change: what of the key actors in climate chimate change are… cows, pigs, and chickens? cabi Direct. Edited by World Watch Institute (World Watch Magazine) En: http://www.worldwatch.org/files/pdf/L.

Moreno T., V.M. 2011. Estrategia regional del modelo de consenso silvopastoril intensivo para la ganadería sostenible del trópico michoacano. Fundación Produce Michoacán, A.C., Programa de Documentación de Casos de Éxito. IICA-COFUPRO 2010. 82 pp.

Murgueitio, E., Chara, J., Barahona, R., Cuartas, C. y Naranjo, J.F. 2012. Los sistemas silvopastoriles intensivos, herramientas de mitigación y adaptación al cambio climático. En: Solorio-Sánchez, F.J., Sánchez-Brito, C. y Ku-Vera, J. (Eds.). IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia. Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.

Ganadería colombiana sostenible:
ENTRE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD[1]

Carolina Giraldo,[1] Julián Chará,[1] Fernando Uribe,[1] Juan Carlos Gómez,[2] Manuel Gómez,[2] Zoraida Calle,[1] Liliana María Valencia,[1] Marcela Modesto,[1] Enrique Murgueitio[1]

Esta contribución resume diferentes aspectos del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. En la primera sección se describe el contexto de la ganadería en el país, los antecedentes del proyecto y el proceso de diseño; a continuación se explican algunos aspectos técnicos y operativos del proyecto, tales como los tipos de sistemas silvopastoriles que se promueven, el esquema de pago por servicios ambientales, la asistencia técnica, las fincas demostrativas y la estrategia de capacitación a los productores ganaderos.

En las secciones finales se resumen los resultados del monitoreo de biodiversidad en las cinco ecorregiones del proyecto, y el impacto que tuvieron los sistemas silvopastoriles sobre la productividad y rentabilidad de la ganadería. En conjunto, esos resultados sugieren que la incorporación de árboles y arbustos en los sistemas ganaderos permite mejorar la producción y liberar tierras marginales para la restauración ecológica y la conservación de la biodiversidad.

Contexto de la ganadería en Colombia

En Colombia, la actividad ganadera contribuye con 1.4% del producto interno bruto (PIB) del país y 21.8% del PIB agropecuario y genera 810 mil trabajos directos que representan 6% del empleo nacional y 19% del empleo en el sector agropecuario (FEDEGAN, 2018). Se calcula que el pastoreo bovino ocupa 39.2 millones de hectáreas, equivalentes a 34.3% del territorio colombiano. El censo agropecuario estima una población bovina de 23,475,022 cabezas de ganado (ICA, 2017), de las cuales 6% corresponden a lechería especializada, 20% a ceba o engorde, 35% a doble propósito y 39% a cría (FEDEGAN, 2018).

---

1 Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia.
2 Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), Bogotá, Colombia.

En promedio, los indicadores productivos son muy bajos: tasa de natalidad de 53%, intervalo entre partos de 689 días, edad al primer parto de 42 meses, mortalidad de 6.30% de las crías y 2% de los adultos, ganancia diaria de peso de 333 gramos, peso al destete de 146 kilos y edad al sacrificio de 42.5 meses (FEDEGAN, 2014). También son bajos los indicadores de eficiencia técnica y económica: 545 litros de leche y 111 kilogramos de carne por hectárea por año (FEDEGAN, 2006).

Actualmente, la mayoría de los sistemas ganaderos se basan en monocultivos de gramíneas con baja diversidad vegetal (Murgueitio *et al.,* 2008). Estos sistemas convencionales no son sostenibles ambientalmente en el largo plazo, por el deterioro de varios procesos ecológicos esenciales para el funcionamiento del ecosistema (reciclaje de nutrientes, control biológico y otros) y por su alta dependencia de fertilizantes, plaguicidas y otros insumos externos (Chará y Giraldo, 2011). Los principales impactos ambientales de la ganadería se relacionan con la destrucción y fragmentación de los ecosistemas naturales, la erosión y compactación del suelo, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de las fuentes de agua, la pérdida de regulación hídrica y las emisiones de gases de efecto invernadero (Murgueitio *et al.,* 2008; Chará y Giraldo, 2011).

La preocupación reciente de la sociedad por los efectos negativos de la deforestación, la degradación de los ecosistemas y la baja productividad de la ganadería, han motivado la investigación y el desarrollo de sistemas ganaderos más sostenibles capaces de soportar cargas animales mayores, aumentar la producción de carne y leche por hectárea, generar bienes y servicios ambientales y complementar el papel de las áreas naturales protegidas en la conservación de la diversidad biológica (Murgueitio *et al.,* 2011; Perfecto y Vandermeer, 2008; Harvey *et al.,* 2006). En este sentido, se ha propuesto el establecimiento de sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la eficiencia productiva y la rehabilitación ecológica de las tierras ganaderas.

Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (GCS)

Entre 2002 y 2008 se llevó a cabo el proyecto regional Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (Integrated Silvopastoral Approaches to Ecosystem Management), que fue financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), administrado por el Banco Mundial y ejecutado en Costa Rica, Nicaragua y Colombia por CATIE, NITLAPAN y CIPAV, respectivamente (Chará *et al.,* 2011). Este proyecto fue pionero en el establecimiento de sistemas silvopastoriles a escala del paisaje. En Colombia, las actividades del proyecto se desarrollaron en cinco municipios del departamento de Quindío (Armenia, Circasia, Montenegro, La Tebaida y Quimbaya), y tres del Valle del Cauca (Alcalá, Ulloa y Cartago), que forman parte de la cuenca media del río La Vieja, sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central (Chará *et al.,* 2011). El proyecto Enfoques Silvopastoriles... ofreció a los productores un pago de corto plazo por servicios ambientales (PSA) y demostró el impacto positivo de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad, la captura de carbono, la calidad del agua y la rentabilidad de la empresa ganadera (Chará *et al.,* 2011).

Las lecciones aprendidas del proyecto regional fueron la base para diseñar el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, una iniciativa más ambiciosa que busca mejorar la eficiencia y rentabilidad de la actividad ganadera y a la vez contribuir a la conservación, recuperación y uso sostenible de la biodiversidad a escala del predio y el paisaje, mediante el establecimiento de núcleos silvopastoriles regionales.

Para diseñar este proyecto se formó una alianza estratégica entre la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), el Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez (Fondo Acción) y The Nature Conservancy (TNC). El proyecto es financiado con recursos de donación del Reino Unido, a través del DBEIS (Department of Business Energy and Industrial Strategy) y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), además de los aportes financieros y en especie de los cuatro aliados, bajo la supervisión del Banco Mundial (BM).

El objetivo general del proyecto GCS es promover la adopción de sistemas silvopastoriles amigables con el medio ambiente en fincas ganaderas de las ecorregiones del proyecto, con el fin de mejorar la gestión de los recursos naturales, incrementar la prestación de servicios ambientales (biodiversidad, suelo, agua y retención de carbono) y elevar la productividad en las fincas participantes. El proyecto inició en 2012 y se extenderá hasta 2020.

El proyecto GCS se lleva a cabo en 87 municipios de 12 departamentos, agrupados en cinco ecorregiones que

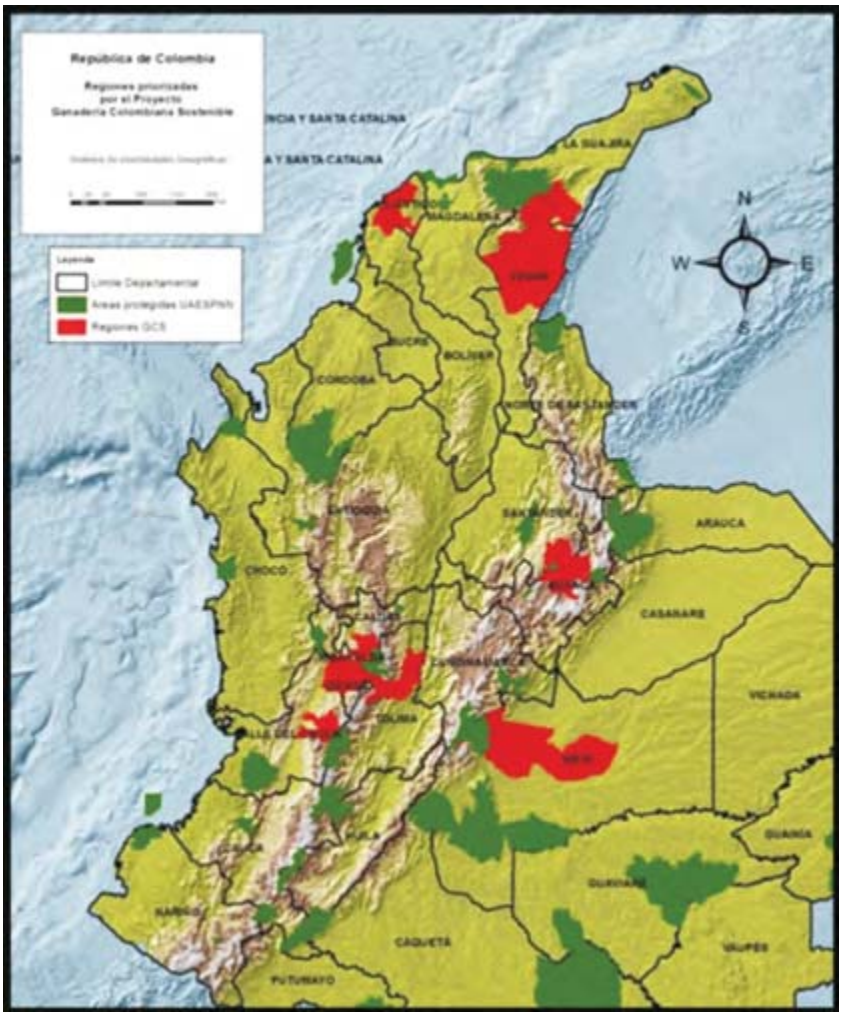

Figura 1. Ecorregiones del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (en rojo) donde se trabaja en la conectividad con áreas protegidas (en verde) a través de sistemas silvopastoriles.

fueron seleccionadas por sus atributos ambientales, como la presencia de ecosistemas de interés global y la cercanía a áreas protegidas en zonas ganaderas importantes (Figura 1): Bajo Magdalena (departamentos de Atlántico y Bolívar); Valle del río Cesar (Cesar y La Guajira); ecorregión cafetera (Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima y Valle del Cauca); Corredor de Robles (Boyacá y Santander) y Piedemonte Orinocense (Meta).

El proyecto contempla como metas principales:

- Sistemas ganaderos amigables con el medio ambiente, implementados en 84 mil hectáreas en las ecorregiones del proyecto.
- Prácticas sostenibles de producción adoptadas a través de sistemas silvopastoriles (SSP) en 35,500 hectáreas.
- Aumento del 10% en la producción de leche por hectárea intervenida en las fincas participantes.
- Aumento de la diversidad biológica de importancia global en las fincas del proyecto, como resultado de la adopción de sistemas silvopastoriles, medida a través del aumento en el Índice de Servicios Ambientales.
- Reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (1,600,000 toneladas de CO_2 eq), como resultado del aumento en la captura de carbono en las fincas participantes y la disminución en la deforestación y la degradación de los bosques.
- Cuatro mil fincas ganaderas beneficiadas a través de los instrumentos del proyecto: asistencia técnica, PSA o el apoyo a la creación de viveros integrados a las fincas.
- 50 especies focales de árboles y palmas protegidas y/o incorporadas en las fincas ganaderas participantes.

Usos de la tierra promovidos en el proyecto GCS

Los asistentes técnicos y extensionistas del proyecto GCS acompañan a los productores ganaderos en la selección, establecimiento y manejo de los sistemas silvopastoriles que se proponen para hacer un uso racional de los recursos naturales y mejorar la productividad. La selección de un arreglo específico depende de las condiciones del predio (tipo de sistema, acidez del suelo, altitud, tamaño del predio y disponibilidad de mano de obra, entre otros factores). La figura 2 resume los usos de la tierra que se promueven en el proyecto y los usos convencionales que éste intenta reemplazar.

Bosques maduros, bosques secundarios y/o corredores ribereños: el proyecto promueve la protección de los ecosistemas naturales en las fincas ganaderas para aumentar el valor de conservación y la conectividad en el paisaje ganadero. Se promueve el cercado de los bosques para evitar la entrada del ganado y la compactación del suelo y para favorecer la regeneración de plantas nativas (Figura 3).

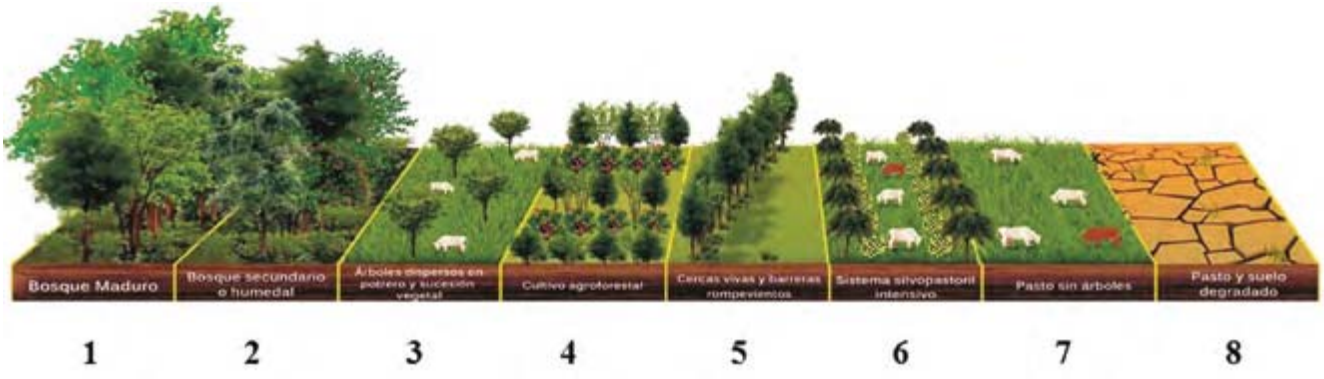

Figura 2. Usos de la tierra promovidos en el proyecto GCS (1-6) y usos convencionales de la tierra que el proyecto busca rehabilitar con sistemas silvopastoriles (7-8). Infografía: Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible.

Figura 3. Corredor ribereño de la finca Potrero Grande. Subachoque, Cundinamarca (Foto: Jhon Jairo Lopera).

Árboles dispersos en potreros: este arreglo silvopastoril incluye 30 a 50 árboles por hectárea (baja densidad) en los potreros, con un arreglo espacial geométrico o aleatorio. Los objetivos de integrar estos árboles al sistema ganadero son: generar sombra para el bienestar animal, disminuir la variación diaria en la temperatura, promover el reciclaje de nutrientes, reducir la compactación del suelo, proveer recursos para la fauna local, aumentar la captura de carbono (Figura 4) y en algunos casos, proveer forrajes o frutos para la nutrición del ganado.

Figura 4. Árboles dispersos en un potrero de la finca Tierra buena, Villa Nueva, Bolívar, Colombia (Foto: Juan Carlos Alfaro).

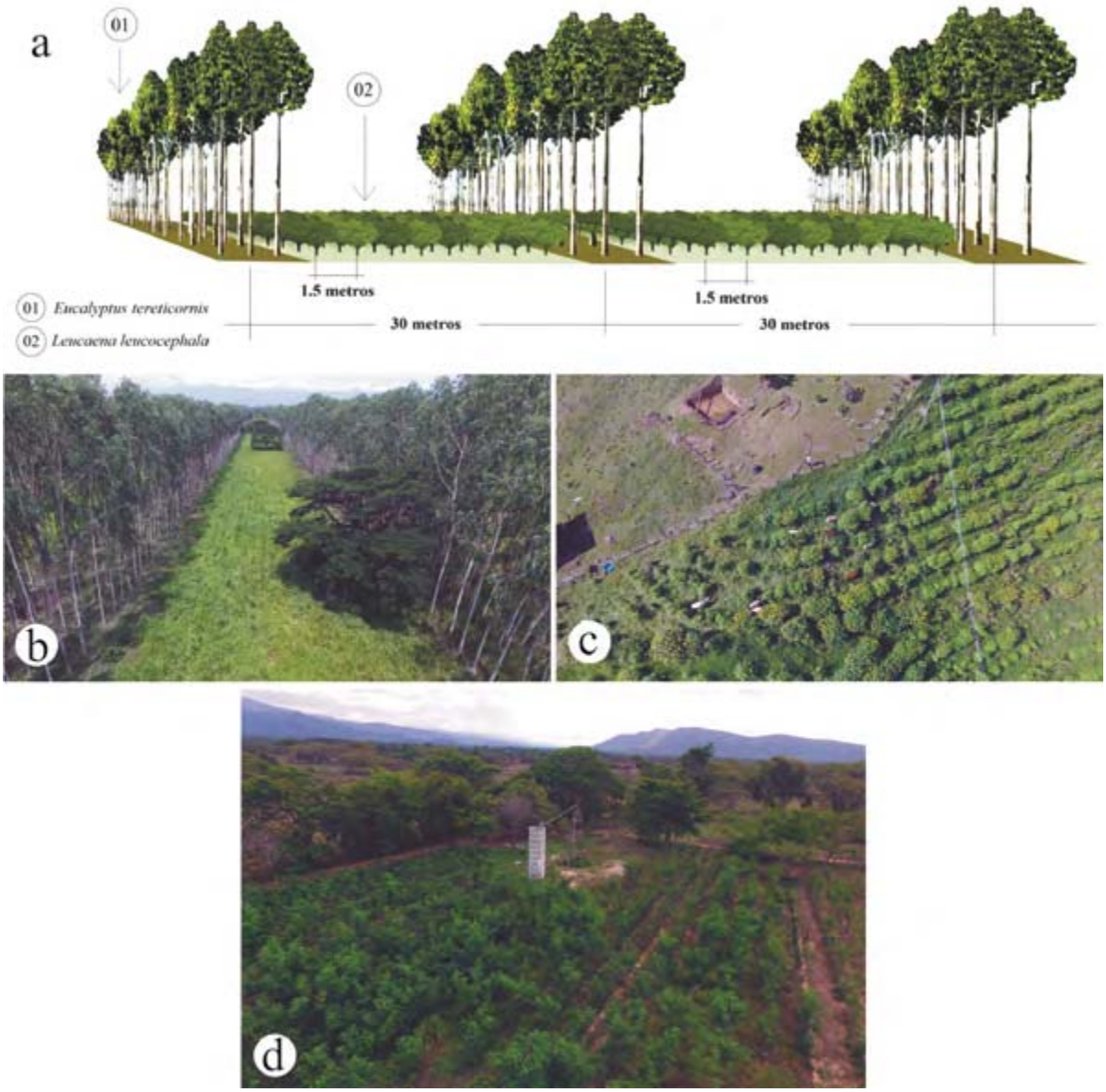

Figura 5. a) Esquema del SSPi *con Leucaena leucocephala y Eucaliptus tereticornis, b)* SSPi *con Leucaena, eucalipto y pasto Tanzania (Megathyrus maximus) en el Caribe seco colombiano. Hacienda La Luisa, Codazzi, Cesar (Foto: Luis Solarte), c)* SSPi *con botón de oro (T. diversifolia) y pasto estrella (Cynodon plectostachius), finca Los Chagualos, Buga, Valle del Cauca (Foto: Luis Solarte), d)* SSPi*, finca Las Cachas, San Juan del Cesar, Guajira (Foto: Juan Carlos Alfaro).*

*Sistemas silvopastoriles intensivos (*SSPi*) de trópico bajo:* este arreglo se recomienda para fincas por debajo de los 2000 msnm e incluye 5 mil o más arbustos forrajeros y hasta 500 árboles por hectárea. Las especies utilizadas en el proyecto, según las condiciones de cada región, son leucaena *(Leucaena leucocephala),* botón de oro *(Tithonia diversifolia)* y guácimo *(Guazuma ulmifolia)* (Murgueitio *et al.,* 2015). Estos SSPI pueden incluir árboles frutales, maderables o palmas (Figura 5).

Sistemas silvopastoriles intensivos para trópico de altura: estos arreglos se recomiendan en regiones por encima de los 2000 msnm e incluyen 2 mil arbustos forrajeros por

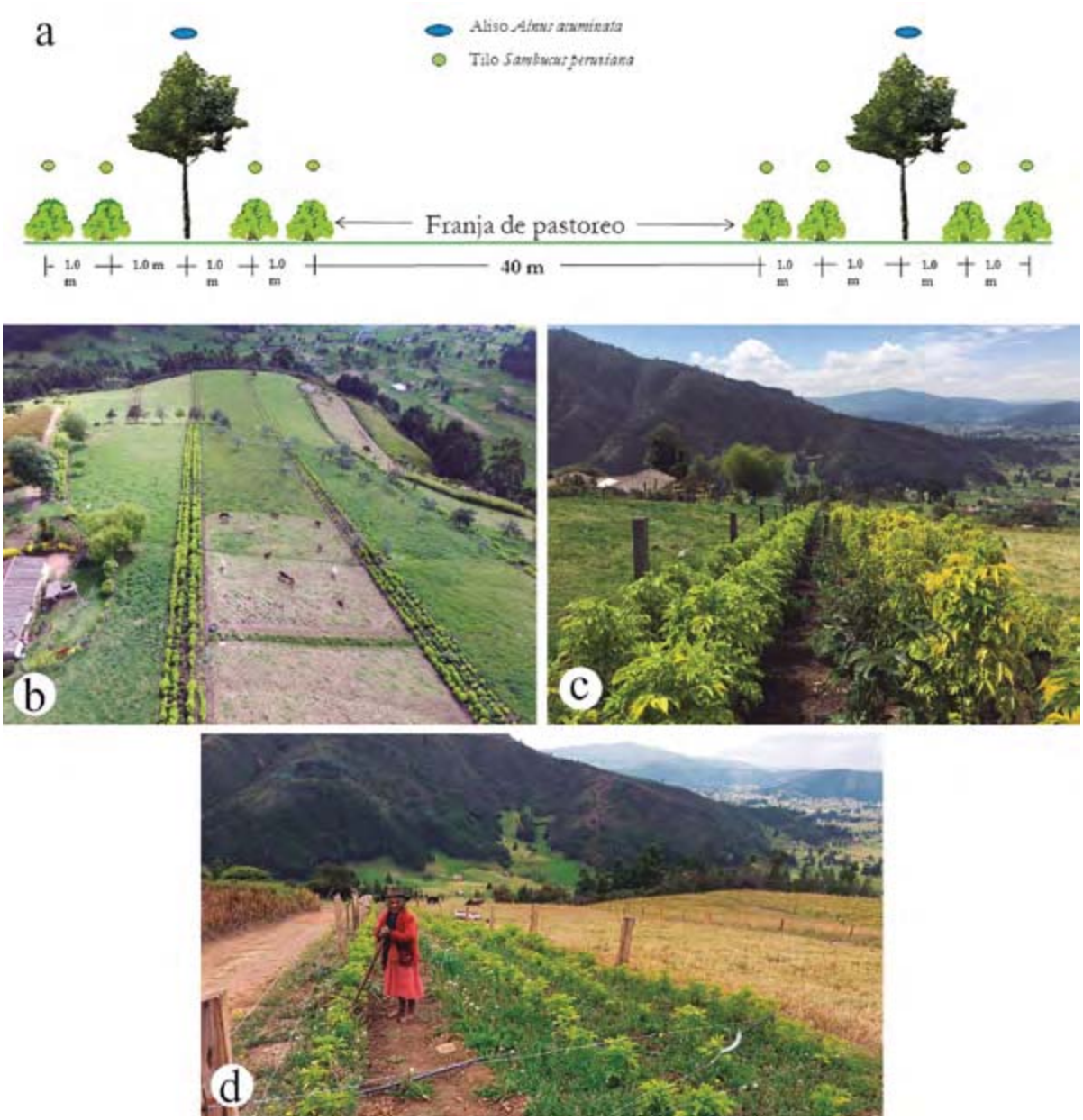

Figura 6. a) SSPi de tierras altas con tilo (S. peruviana) y aliso (A. accuminata), b) finca demostrativa La Pradera (Santa Rosa de Viterbo, Boyacá, Colombia; foto: Julián Giraldo), c y d) SSPi con tilo, árboles maderables, pasto kikuyo (Cenchrus clandestinus), ryegrass (Lolium multiflorum y L. perenne), azul orchoro (Dactylis glomerata), trébol rojo (Trifolium pratense) y alfalfa (Medicago sativa). Finca demostrativa La Pradera, Santa Rosa de Viterbo, Boyacá (Fotos: Fernando Uribe y Juan Diego Vanegas).

hectárea, sembrados en franjas de cuatro surcos cada 40 metros, donde se intercalan 100 árboles nativos (Murgueitio *et al.,* 2015). Los arbustos forrajeros que se han promovido en el proyecto son el tilo *Sambucus peruviana* (*S. nigra*) y el botón de oro (*T. diversifolia*) (Figura 6).

Setos forrajeros: son arreglos para el trópico alto y bajo, conformados por franjas de arbustos forrajeros sembrados en alta densidad. Pueden tener una línea central de árboles a una distancia de tres metros entre sí para conformar una cerca viva. Para fincas por debajo de

Figura 7. a) Seto forrajero con botón de oro (T. diversifolia) en la finca La Palmera, Santa Rosa de Cabal, Risaralda, b) seto forrajero con tilo (S. peruviana) (S. nigra) en la finca Potrero Llano, Boyacá (Fotos: Fernando Uribe).

2000 msnm, se recomienda plantar 5 mil o más arbustos por kilómetro. Por encima de 2000 m de altitud la densidad debe ser de 2 mil arbustos por km o más. La biomasa forrajera se corta y se ofrece a los animales en el sitio de pastoreo. En el trópico alto se han establecido setos de tilo y botón de oro; en el trópico bajo se establecen tres surcos de arbustos forrajeros (botón de oro, guácimo –*Guazuma ulmifolia*– y leucaena), con distancias de 1 m entre surcos y 0.5 m entre plantas. Los forrajes pueden intercalarse con árboles nativos y/o maderables y con cultivos para mejorar la soberanía alimentaria humana y animal (Figura 7).

Bancos mixtos de forraje: son cultivos de forrajes arbustivos (ricos en proteínas, minerales y vitaminas) y plantas herbáceas como leguminosas, arvenses, caña de azúcar y pastos de corte (ricos en azúcares solubles y fibra), diseñados para maximizar la producción de biomasa y proporcionar forrajes de corte y acarreo

Figura 8. a) Banco mixto de forraje (BMF) para trópico alto con tilo (Sambucus peruviana) (S. nigra), caña (Saccharum officinarum) y trébol (Trifolium pratense), finca El Hoyo, Palermo, Cundinamarca, b) BMF con cultivos para soberanía alimentaria humana y animal, finca Villa Mariela, San Diego, Cesar (Fotos: Archivo CIPAV y Fernando Uribe).

durante todo el año. La densidad debe ser mayor o igual a 5 mil árboles o arbustos por hectárea. El material forrajero de los bancos es una reserva de alimento que puede ser ensilado y ofrecido a los animales durante los periodos de escasez. El banco puede intercalar especies forrajeras con árboles maderables y frutales y con cultivos para mejorar la seguridad alimentaria (Figura 8).

Cercas vivas: son arreglos lineales de árboles nativos y/o maderables que separan los potreros (Montagnini *et al.,* 2013). Las cercas vivas proveen sombra, actúan como corredores biológicos para algunos organismos y proveen recursos adicionales para la unidad productiva, tales como forrajes, frutos y madera, entre otros (Figura 9).

Estrategias del proyecto GCS

Asistencia técnica

Los beneficiaros del proyecto reciben asesoría técnica gratuita de un profesional que brinda acompañamiento en el proceso productivo. El asistente técnico y la familia realizan la planificación participativa del predio, seleccionan los indicadores del proceso y definen las metas productivas, económicas, ambientales y sociales de la reconversión. A partir de esta información, el asistente técnico acompaña al productor en el establecimiento y manejo de los arreglos silvopastoriles que se adaptan mejor a su sistema productivo, y brinda asesoría en diversos temas relacionados con la reconversión del predio hacia una producción sostenible.

La asesoría técnica le da al productor herramientas para el establecimiento exitoso de los sistemas silvopastoriles y conocimientos para mejorar la productividad ganadera, el bienestar animal, el cuidado del medio ambiente y la biodiversidad en su finca. Todos estos factores contribuyen a la reducción de la pobreza rural.

Pago por servicios ambientales

Se puede definir el pago por servicios ambientales (PSA) como una transacción voluntaria donde el aumento, mantenimiento o provisión de un servicio ambiental es reconocido económicamente por al menos un comprador de ese servicio o por alguien interesado en que el servicio se preste a uno o varios proveedores del mismo, únicamente si se genera el servicio o se adoptan usos de la tierra o prácticas que producen servicios ambientales (Wunder, 2006). En ningún momento el PSA se asimila a privatización de la naturaleza, no se reemplaza al Estado ni los esfuerzos colectivos por el cuidado y manejo de los bienes comunes; son un instrumento de gestión y equidad que compensa el trabajo de la gente del campo (Murgueitio, 2009).

Figura 9. Cerca viva en la finca El Triángulo, Paipa, Boyacá (Foto: Carlos Pineda).

El PSA, como instrumento económico, busca compensar a los productores por los costos adicionales en que incurren o por el dinero que dejan de percibir al conservar o usar la biodiversidad y el ecosistema en forma sostenible. El PSA contribuye también a generar un cambio cultural de los propietarios y productores rurales, porque los incentiva e involucra en la protección de los ecosistemas y la biodiversidad y en la provisión de servicios ambientales que benefician a la sociedad y a sus propios predios.

En el desarrollo del proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (2002-2008), se diseñó y aplicó un mecanismo de PSA que incentivó a los propietarios de tierras para recuperar los servicios ambientales globales aportados por sus predios, mediante la conversión de pastos degradados hacia sistemas silvopastoriles, la conservación de los bosques nativos y la protección de las fuentes de agua.

Es importante resaltar, tal y como lo demostró este proyecto, que los programas de PSA no involucran únicamente la conservación de bosques y ecosistemas naturales estratégicos, sino que pueden incluir áreas rurales productivas que gracias a su manejo, amigable con el ambiente, contribuyen a la oferta de servicios ambientales. En el caso del proyecto, el esquema de PSA ayudó a que se protegieran y recuperaran zonas boscosas y fuentes hídricas, se rehabilitaran suelos y se promoviera la recuperación de la biodiversidad, a la vez que contribuyó a la economía y al bienestar en zonas ganaderas. Una evaluación ex-post del proyecto demostró que, varios años después los productores del río La Vieja a pesar que no recibieran asistencia técnica, PSA ni otro incentivo, mantuvieron casi en su totalidad los usos amigables de la tierra con la naturaleza que habían generado y que la inversión del proyecto fue menos de la quinta parte de estos cambios (Zapata *et al.,* 2015.)

En el proyecto GCS se diseñaron dos esquemas de PSA: el primero reconoce la protección de la biodiversidad como resultado de la conservación de los bosques y humedales y de la implementación de sistemas silvopastoriles y el segundo está orientado a fomentar los SSPi por su contribución a la captura de carbono.

Pago por servicios ambientales (PSA) por biodiversidad

Con base en las lecciones aprendidas del proyecto Enfoques Silvopastoriles, se diseñó un esquema de PSA por biodiversidad para el proyecto GCS, con las siguientes particularidades. El PSA está dirigido a incentivar la adopción de sis-

Cuadro 1. *Puntaje para PSA por biodiversidad en diferentes usos de la tierra.*

Uso	Uso de la tierra	Puntos por Servicios Ambientales			Total
		Por hectárea	Puntos adicionales*		
			En Corredor de conectividad	Uso de especies nativas	
1	Bosque maduro o humedales privados	100	0	0	100
2	Bosque secundario	95	0	0	95
3	Árboles dispersos en potreros y sucesión vegetal manejada	70	10	10	90
4	Cultivos agroforestales (mínimo dos estratos)	55	20	10	85
5	Cercas vivas y barreras rompevientos (km)	50	10	10	70
6	Suelos agropecuarios con coberturas mayores a 80%	10	0	10	10
7	Sistemas silvopastoriles intensivos (> 5.000 arbustos/ha)	70	0	10	80
8	Otras prácticas agropecuarias (cultivos transitorios)	0	0	10	10
9	Suelos con pasturas degradadas	0	0	0	0

* El puntaje adicional se reconoce sólo si el predio se encuentra en un corredor de conservación y/o utiliza especies nativas.

temas silvopastoriles que: *i)* generen altos niveles de biodiversidad, *ii)* incrementen la productividad, *iii)* reduzcan los costos de producción, *iv)* aumenten la capacidad de carga animal por hectárea, *v)* mejoren la calidad de los suelos y las fuentes de agua y *vi)* conserven los bosques existentes, entre otros. El PSA por biodiversidad consiste en un pago de dinero a los productores por cada hectárea de bosques o humedales conservados en sus predios y por los sistemas silvopastoriles que implementen de acuerdo con los puntajes que se explican en el cuadro 1. Los siguientes PSA a los ganaderos beneficiarios se realizan anualmente durante la vida del proyecto, con base en los puntajes definidos para los nueve usos de la tierra:

Pago de línea de base: se hace una medición inicial de los usos de la tierra de cada predio y se otorga un pago inicial de línea base con el fin de evitar los incentivos perversos y para reconocer las acciones positivas llevadas a cabo previamente por los productores. El pago de línea de base equivale a 0.23 dólares por punto y se reconoce una vez al ingreso de cada predio al proyecto.

Pago anual por cambios realizados: se hace un pago cada año por la conservación de los bosques existentes durante el periodo del proyecto y por los cambios positivos adicionales realizados por el ganadero, bien sea con recursos propios o con otra fuente de financiamiento. Estos cambios a partir de la línea de base reciben un puntaje por hectárea, según los criterios descritos en la cuadro 1. Por cada punto adicional ganado a partir de la línea base, se paga 0.75 de dólar, lo que equivale a 75 dólares por ha de bosque maduro o humedal (máximo pago), 71.25 dólares por hectárea de bosque secundario o 52.5 dólares por ha de sucesión vegetal manejada o por árboles dispersos en potreros.

Como se observa en el cuadro 1, se hacen pagos adicionales para los usos 3 a 8, cuando los ganaderos incorporan árboles nativos de interés para el proyecto en una densidad mínima de 25 árboles por hectárea, para reflejar su más alta contribución a la biodiversidad. Adicionalmente, los ganaderos reciben un pago adicional para los usos 3, 4 y 5, si sus fincas están ubicadas en los corredores de conectividad priorizados en el proyecto (Figura 1).

Un corredor de conectividad se define como las franjas de vegetación arbórea o arbustiva encargadas de conectar fragmentos de ecosistemas naturales a través de ejes ribereños, potreros con árboles en alta densidad u otros elementos del paisaje. Un corredor de conectividad consta de una franja núcleo de conservación estricta que incluye fragmentos de ecosistemas naturales como bosques (en algunos casos pequeños humedales) en forma parcial o completa y las franjas aledañas o vecinas a ambos lados, que pueden incluir sucesión vegetal con fines de conservación o sistemas silvopastoriles (árboles dispersos, silvopastoriles intensivos, cercas vivas y cortinas rompevientos).

El esquema tiene en cuenta las siguientes condiciones:

- Se calcula el puntaje total de todas las parcelas de la finca para evitar que las actividades con efectos negativos sobre la biodiversidad y los servicios ambientales se desplacen de un sector a otro.
- El pago se realiza cada año, después de verificar el cumplimiento y medir el puntaje de incremento.
- Cada finca puede recibir un pago máximo de 6,500 dólares durante el desarrollo del proyecto.

Pago por servicios ambientales para promover la siembra de sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi)

El PSA para los sistemas silvopastoriles intensivos es un incentivo en dinero y especie que se les entrega a los productores para estimular el establecimiento de estos sistemas con el fin de aumentar la productividad en los predios ganaderos y contribuir a la captura de carbono. Este incentivo busca superar algunas barreras que limitan la adopción de los arreglos intensivos, tales como el bajo acceso al crédito, la escasez de inóculos específicos y de semillas certificadas de plantas forrajeras y la falta de dinero para la preparación de suelos. El ganadero solicita voluntariamente este incentivo, se compromete a realizar las labores, aportar las contrapartidas y recibe este apoyo para la siembra del SSPi en un área máxima de 10 hectáreas.

El incentivo ofrecido cubre cerca de 40% del costo total de establecimiento del SSPi. Se fijó este porcentaje máximo para evitar una distorsión del mercado crediticio existente en Colombia, debido a que el gobierno

nacional desarrolló una línea de crédito para sistemas silvopastoriles intensivos en la que el ganadero puede acceder a un descuento de 40% del total del crédito si cumple con los requisitos definidos para tal fin. Este estímulo crediticio denominado Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) es otorgado por un fondo público del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Fondo para el financiamiento del Sector Agropecuario, FINAGRO), que funciona como banco de segundo piso, el cual redescuenta los incentivos a los créditos de los bancos comerciales. Ante este beneficio, el proyecto inicialmente planteó que el establecimiento de los SSPi sería financiado con el crédito de ICR. Sin embargo, posteriormente fue necesario desarrollar el PSA, porque los pequeños y medianos ganaderos participantes no lograron acceder al crédito necesario para obtener el incentivo. Así, se redujo la barrera económica que impedía el establecimiento de estos sistemas. Con el PSA, el ganadero recibe un apoyo total hasta de 600 dólares por hectárea de SSPi, así:

- Incentivo *ex ante*: 450 dólares para insumos y preparación del terreno.
- Incentivo *ex post*: hasta 150 dólares por mantener el cambio del uso de la tierra que está relacionado con la captura de carbono.

Un ganadero interesado en acceder al PSA debe elaborar, con el asistente técnico, el plan de trabajo que pretende ejecutar en su predio y una fotografía georreferenciada del lote(s) donde realizará la siembra (línea base). El plan establece: *i)* el arreglo a sembrar; *ii)* el área; *iii)* el lote; *iv)* los aportes del proyecto representados en análisis de suelos, equipo de protección personal para aplicación de agroinsumos (categorías III y IV únicamente), semilla o material vegetal del arbusto forrajero; *v)* impulsor para cerca eléctrica; *vi)* kit de instalación para el impulsor y *vii)* dinero en efectivo para pagar la preparación del terreno. El asistente técnico debe tomar una muestra de suelos para análisis de laboratorio. Los insumos y el dinero en efectivo *ex ante* no podrán superar un monto total de 450 dólares por hectárea. Este plan de trabajo puede ser ejecutado total o parcialmente durante la vida del proyecto, en tanto que el pago por la preparación del terreno y la entrega de insumos se dan en proporción a las hectáreas preparadas y verificadas en el predio antes de realizar la siembra. El pago total se realiza de la siguiente forma:

Pago *ex ante*

Pago por preparación de terreno: se hace un pago en efectivo como apoyo a la preparación del terreno (descompactación del suelo con cinceles y rastrillado) para implementar el SSPi, por un valor hasta de 290 dólares por hectárea. Este pago se realiza cuando el productor prepara el terreno con sus propios recursos. El valor total que recibe el productor por este concepto dependerá de lo establecido en el plan de trabajo.

Entrega de los insumos para el establecimiento: previo a la entrega de insumos, se verifica que el terreno esté listo para sembrar. Se entregan los equipos, materiales e insumos necesarios para el establecimiento de los SSPi: semillas o estacas

de arbustos forrajeros, análisis de suelos, kit de protección personal para aplicación de agroinsumos y equipos para cerca eléctrica.

Apoyo *ex post*

Se realiza un pago único *ex post*, en efectivo, hasta de 150 dólares por hectárea por mantenimiento del SSPi, para un máximo de 10 hectáreas, tanto para pequeños como para medianos productores. En el cuadro 2 se describe el esquema de pagos.

Cuadro 2. *Pagos ex post por hectárea para establecimiento de SSPi de acuerdo con el uso previo del suelo.*

Uso de la tierra inicial	Pago por hectárea (en dólares)
SSPi a partir de árboles dispersos en potreros (alta densidad) y sucesión vegetal manejada	97.5
SSPi a partir de cultivos agroforestales (mínimo dos estratos)	112.5
SSPi a partir de suelos agropecuarios con coberturas mayores a 80%	142.5
SSPi a partir de otras prácticas agropecuarias (cultivos transitorios)	150
SSPi a partir de suelos con pasturas degradadas	150

Los arreglos que reciben este incentivo son los sistemas silvopastoriles intensivos, los setos forrajeros y los bancos mixtos de forraje.

Fincas demostrativas

Figura 10. Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro (Tithonia diversifolia) y pasto (Brachiaria). Finca demostrativa El Porvenir, Cubarral, Meta, Colombia (Foto: Hernán Augusto Díaz).

Las fincas demostrativas son predios privados pequeños o medianos, de tipo familiar campesino o empresarial, destinados a apoyar el cambio cultural de los ganaderos convencionales y forman parte de la estrategia del proyecto GCS para la transferencia de tecnología; sus objetivos son:

- Apoyar la transferencia tecnológica mediante ejercicios participativos con los propietarios y equipos de trabajo de las fincas.
- Evaluar innovaciones de conocimiento sobre sistemas silvopastoriles y reconversión ganadera.
- Generar información técnica, científica y económica del sistema ganadero y los sistemas silvopastoriles establecidos.
- Capacitar a productores, ganaderos, estudiantes, técnicos y profesionales.
- Servir de modelo para el cambio cultural hacia la ganadería sustentable, que incluye la transmisión de valores a la generación de relevo.
- Promover conductas de respeto hacia la naturaleza.

Los propietarios de las fincas demostrativas se comprometen a compartir con sus vecinos y visitantes los conocimientos adquiridos durante el establecimiento de los sistemas silvopastoriles y a través de las prácticas sostenibles de producción. Esta transferencia del conocimiento se lleva a cabo en talleres, visitas, días de campo, cursos cortos y eventos de capacitación realizados en el predio y programados por los técnicos del proyecto. En las fincas demostrativas se desarrollan los planes de trabajo construidos en conjunto con los propietarios y los técnicos asesores; por lo tanto, sirven de referencia para la adopción de los sistemas silvopastoriles intensivos en las áreas productivas y la restauración ecológica de ecosistemas naturales o áreas frágiles.

Estas fincas demostrativas tienen sistemas productivos como lechería, cría, doble propósito y cría de especies menores (principalmente para la soberanía alimentaria). También se incluyen tecnologías sustentables para uso y demostración, tales como filtros para agua doméstica, cosecha de agua de lluvias, biodigestores, máquinas picadoras de forraje y bombas solares. El seguimiento de estas fincas inicia con una evaluación de línea base de indicadores económicos, ambientales y productivos que se monitorean en el tiempo (Figura 11).

Las fincas demostrativas se dividen en dos grupos:

Fincas demostrativas internas. Este grupo está conformado por 35 predios con áreas entre 10 y 100 ha, situadas entre 30 y 3000 msnm en las cinco ecorregiones del proyecto. La variedad de condiciones agroecológicas y de sistemas de producción de estas fincas permite ofrecer diferentes oportunidades de capacitación para los demás productores participantes, lo cual genera credibilidad y confianza en las estrategias y arreglos que se proponen en el proyecto. Una contribución importante de estas fincas demostrativas es la información productiva, económica y ambiental adecuada para diferentes escenarios.

Fincas demostrativas externas. Este grupo incluye 10 fincas que se encuentran en regiones donde el proyecto no opera y son parte de la estrategia del proyecto para divulgar y multiplicar sus actividades por fuera de las

Figura 11. Finca demostrativa La Reliquia (Encino, Santander), a) estado inicial del sistema ganadero (línea base 2015), b) sistema silvopastoril intensivo con botón de oro (T. diversifolia) después del primer pastoreo en 2016 (Fotos: Julián Giraldo).

actuales áreas de cobertura y permiten además atender la creciente demanda de conocimiento de instituciones públicas como los ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Agricultura y Desarrollo Rural y el Departamento Nacional de Planeación (Figura 12). Los criterios aplicados en la selección de estas fincas responden a las acciones focales estratégicas de políticas ambientales y agropecuarias nacionales como:

- Reducir la deforestación amazónica.
- Manejar las sabanas nativas en forma sustentable.
- Innovar para el manejo adecuado de suelos degradados (suelos ácidos y de alta montaña).
- Ampliar la oferta tecnológica y las opciones de capacitación en las zonas de postconflicto.
- Generar opciones para concentrar la ganadería en las zonas aptas y evitar la presión sobre ecosistemas de interés global y nacional como los páramos, humedales, bosques secos y selvas húmedas.
- Contribuir al relevo generacional de los productores ganaderos con transferencia de valores familiares, de respeto a la naturaleza y a la tierra, tanto como con conocimientos y conciencia ambiental, social y empresarial.
- Fortalecer la soberanía alimentaria familiar y local y las actividades económicas complementarias de las fincas, como la agricultura, agroforestería, acuacultura y turismo rural.
- Generar opciones de cooperación entre productores medianos y pequeños.

Las fincas demostrativas son gestoras del cambio de la cultura ganadera y son el eje fundamental del plan de capacitación del proyecto GCS. En ellas se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Intercambio de conocimiento de productor a productor, técnico-productor y técnico-técnico.
- Fortalecimiento de lazos de amistad y nuevas alianzas entre los diferentes grupos.
- Formación de jóvenes para el relevo generacional.
- Mayor participación de la mujer en las decisiones productivas y del predio.
- Intercambio de material vegetal para nuevas experiencias de propagación.
- Identificación, siembra y conservación de especies vegetales de interés global (especies focales).
- Demostraciones de métodos
- Desarrollo de una agenda de investigación e innovación que más adelante se transfiere a través el Plan de Capacitación del proyecto.

Diferentes tipos de capacitación se llevan a cabo en las fincas demostrativas: días de campo, giras de intercambio de experiencias, talleres teórico-prácticos y cursos cortos, entre otros. La capacitación se ofrece tanto a beneficiarios del proyecto como a ganaderos, técnicos, jóvenes y niños de las diferentes regiones (personal externo). En este sentido, las fincas demostrativas se han convertido en escenarios clave para la innovación, la transferencia de conocimiento y la

Figura 12. a) Finca Potrero Grande (Subachoque, Cundinamarca): modelo ganadero altoandino para facilitar la reducción de la ganadería en los páramos, b) finca Altagracia (San Onofre, Sucre): zona de conectividad entre el litoral y los Montes de María a partir de sistemas silvopastoriles (Fotos: Adolfo Galindo).

divulgación de los beneficios que genera la transición hacia los sistemas silvopastoriles en varias regiones del país.

Programa de investigación e innovación

Las investigaciones que se llevan a cabo en el marco del proyecto GCS permiten entender los efectos de los sistemas silvopastoriles sobre los indicadores productivos, económicos, ambientales y sociales, a escala del predio y del paisaje. El monitoreo continuo durante más de seis años confirma los beneficios de estos sistemas productivos para la producción de bienes y servicios en el sector ganadero (Barahona *et al.,* 2014; Calle *et al.,* 2017; Chará *et al.,* 2017).

Los resultados de innovación incluyen nuevos arreglos silvopastoriles para las diferentes ecorregiones del proyecto, la identificación de especies que se adaptan mejor a cada contexto productivo y las estrategias de establecimiento y manejo de los sistemas silvopastoriles. Algunos temas que han sido objeto de investigación en el proyecto GCS son:

- Monitoreo de biodiversidad (aves, plantas leñosas, murciélagos, macroinvertebrados acuáticos y escarabajos estercoleros).
- Crecimiento, sobrevivencia y estrategias de siembra de árboles.
- Aporte al conocimiento de 50 especies focales de la flora nativa.
- Efecto de los corredores ribereños sobre la calidad del agua.
- Producción y valor nutricional de pastos y forrajes.
- Propagación de especies nativas en vivero.
- Siembra de plantas forrajeras.
- Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la erosión, el almacenamiento de carbono, la producción (capacidad de carga, carne y leche) y el desempeño económico.

Especies focales de GCS

Se cree que existen de 19 mil a 25 mil especies de árboles en la región Neotropical (Slik, 2015). De esta enorme diversidad, solo unas pocas especies se adaptan bien al régimen de perturbaciones de la ganadería. Hoy en día, los ganaderos manejan un número relativamente pequeño de especies de árboles nativos en los casi 600 millones de hectáreas que ocupa esta actividad en América Latina y el Caribe (Murgueitio *et al.,* 2011). Sin embargo, durante las últimas décadas, la necesidad de reducir el estrés térmico de los animales se ha convertido en una motivación fuerte para incorporar una mayor densidad y diversidad de árboles nativos al sistema ganadero (Calle *et al.,* 2013).

El proyecto GCS aplicó el concepto de especies focales para identificar un conjunto de árboles y palmas nativos, de importancia para la conservación global, que pueden ser plantados o manejados en sistemas silvopastoriles y bosques ribereños con el fin de mejorar la conectividad y el valor de conservación de los paisajes ganaderos. Esta versión agroforestal del concepto de especies focales tiene en cuenta los beneficios directos de los árboles para el sistema ganadero,

los valores culturales y estéticos y la provisión de hábitat y recursos alimenticios para la vida silvestre (Calle *et al.,* 2017).

Las especies focales del proyecto pertenecen a 22 familias. La lista incluye especies de Lauraceae (todas las especies nativas), Fabaceae (7 especies y 2 géneros), Arecaceae (8 especies), Bignoniaceae y Meliaceae (4 especies cada una), Anacardiaceae (3 especies), Euphorbiaceae, Malvaceae, Moraceae, Podocarpaceae y Sapotaceae (2 especies cada una) y una especie de las familias restantes (Apocynaceae, Boraginaceae, Combretaceae, Escalloniaceae, Fagaceae, Juglandaceae, Lamiaceae, Lecythidaceae, Malvaceae, Urticaceae y Zygophyllaceae).

La mayoría de las especies focales tienen una variedad de usos. Algunas producen nueces de alto valor (*Caryodendron orinocense*) o frutas comestibles (*Spondias mombin*, *Aiphanes horrida*, *Chrysophyllum argenteum*, *Pouteria sapota*, *Pourouma cecropiifolia*). Otras se eligieron por la combinación de resistencia y la provisión de recursos alimenticios para la fauna silvestre y el ganado (*Attalea butyracea*, *Crescentia cujete* y *Croton magdalenensis*). Algunas tienen un valor cultural significativo, como las palmas de cera *(Ceroxylon alpinum y C. quindiuense)*. Otras proporcionan madera valiosa *(Astronium graveolens, Aspidosperma polyneuron*, *Cordia gerascanthus* y *Terminalia amazonia*). Algunas se destacan por la belleza de su floración sincrónica (*Tabebuia chrysantha* y *T. rosea*). La lista también incluye algunos árboles grandes que mejoran la estructura del hábitat y promueven la rápida recuperación de los servicios ambientales proporcionados por escarabajos coprófagos (*Enterolobium cyclocarpum* y *Albizia* spp.).

La lista de especies focales incluye tres excepciones en las que todas las especies de árboles nativos dentro de ciertos géneros reciben el estatus de especie focal: *Erythrina, Inga* (ambas de la familia Fabaceae) y *Ficus* (Moraceae). Esto significa que los ganaderos pueden elegir cualquier especie de estos géneros que se adapte bien a sus tierras. Además de árboles multipropósito, bien conocidos como *Erythrina poeppigiana* e *Inga edulis*, estos géneros incluyen diferentes especies fijadoras de nitrógeno que proporcionan abundante alimento para la vida silvestre. Los árboles del género *Ficus* no son componentes típicos de los sistemas agroforestales o silvopastoriles, pero la mayoría de las especies sostienen la producción de frutas a lo largo del año y proporcionan recursos alimenticios para la vida silvestre durante los periodos de escasez. La otra excepción en la lista de especies focales son los árboles nativos de la familia Lauraceae, todos los cuales pueden considerarse especies focales. Las lauráceas incluyen muchas especies en peligro de extinción, raras y endémicas. Casi todos los árboles de esta familia proporcionan frutas de alta calidad para aves y mamíferos.

En conjunto, las especies focales del proyecto GCS representan un amplio espectro de tamaños y formas de árboles, tipos de frutos, modos de dispersión, recursos para la vida silvestre, usos directos, servicios ambientales y valores estéticos. La lista proporciona un punto de partida para incorporar una mayor diversidad de especies leñosas en paisajes ganaderos (Calle *et al.,* 2017). Se propone adoptar el concepto de especies focales en los proyectos que promueven la ganadería sosteni-

ble como una estrategia complementaria para incorporar más biodiversidad en los sistemas silvopastoriles.

Beneficios de los SSP sobre la biodiversidad

A lo largo del proyecto GCS se han evaluado diferentes grupos de organismos indicadores, con el fin de entender los cambios que ocurren en la biodiversidad como resultado de la adopción de los sistemas silvopastoriles. Los patrones de biodiversidad a escala predial se han estudiado en seis usos de la tierra, dependiendo de las condiciones de cada predio (bosque, árboles dispersos en potreros, cerca viva, seto forrajero, SSPi y potrero sin árboles) y en cinco ecorregiones: Valle del río Cesar, Bajo Magdalena, Boyacá-Santander, Ecorregión Cafetera y Piedemonte Orinocense. Las diferencias en las condiciones ambientales de las ecorregiones se reflejan en los cambios de las comunidades biológicas evaluadas.

Las plantas leñosas, las aves y los escarabajos coprófagos se eligieron como indicadores de biodiversidad. Estos grupos de organismos son sensibles a los cambios en el hábitat, son fáciles de capturar o registrar y su clasificación taxonómica está relativamente bien resuelta, todo lo cual los convierte en buenos indicadores.

Después de seis años de evaluación en las diferentes ecorregiones del proyecto, los resultados del monitoreo indican que los sistemas silvopastoriles, en todas sus modalidades (SSPi, árboles dispersos en potreros, cercas vivas, setos forrajeros y bancos mixtos de forraje), contribuyen a la conservación de la biodiversidad, en las áreas productivas, al proveer sitios de refugio, alimento y hábitat para las especies locales. El cuadro 3 resume los patrones de la riqueza de especies encontrados en cada ecorregión.

Cuadro 3. *Riqueza de especies, en diferentes usos de la tierra, de las fincas ganaderas en las cinco ecorregiones del proyecto GSC.*

Ecorregión cafetera	Bosques y corredores ribereños	Árboles dispersos en potreros	SSPi	Cercas vivas	Potreros sin árboles
Ecorregión Cafetera					
Plantas	116	4	12	8	0
Escarabajos	51	25	27	18	19
Aves	40	38	38	24	59
Piedemonte Orinocense					
Plantas	71	14	13		0
Escarabajos	48	10	35		33
Aves	37	46	35		36
Valle del río Cesar					
Plantas	73	13	4		1
Escarabajos	33	16	26		15
Aves	49	43	33		14
Bajo Magdalena					
Plantas	11	14	8	15	0
Escarabajos	13	5	10	7	5
Aves	7	40	10	29	13
Boyacá-Santander					
Plantas	88	6	11		0
Escarabajos	19	3	10		5
Aves	28	9	23		20

La Ecorregión Cafetera comprende una amplia variedad de ecosistemas entre 200 y 3000 msnm en los departamentos de Tolima, Risaralda, Caldas, Quindío y Valle del Cauca (Giraldo *et al.,* 2018). Se destacan los remanentes de bosque seco en Tolima, los bosques premontanos y andinos de Risaralda, Caldas y Quindío y los ecosistemas de subpáramo de la cuenca alta del río Tuluá en el Valle del Cauca. El paisaje es un mosaico de sistemas productivos, donde predominan los cultivos de café y plátano y la ganadería extensiva. En esta ecorregión se han establecido con éxito bancos mixtos de forraje, árboles dispersos en potreros, cercas vivas, setos forrajeros y sistemas silvopastoriles intensivos con leucaena y botón de oro (Giraldo *et al.,* 2018).

En esta región, los sistemas silvopastoriles contribuyen a la conservación de la biodiversidad en las áreas productivas y permiten la conectividad entre las áreas de pastoreo y los fragmentos de bosque. El bosque y los SSPi con botón de oro presentan la mayor riqueza de escarabajos. La especie dominante de este grupo fue el escarabajo tunelero *(Onthophagus curvicornis),* que usa el estiércol bovino y cumple una función importante en la remoción de estiércol y suelo en las fincas ganaderas. *Crotophaga ani, Bubulcus ibis* y *Troglodytes aedon* fueron las aves más abundantes en las fincas evaluadas en esta región.

El Piedemonte Orinocense se encuentra entre 400 y 500 metros de elevación en el departamento de Meta (Giraldo *et al.,* 2018), en una zona donde confluyen el bosque húmedo tropical (Holdridge, 1987) y el ecosistema de llanura. La cobertura forestal fue eliminada para establecer potreros ganaderos y monocultivos, principalmente de palma de aceite (Giraldo *et al.,* 2018). Se conservan algunos fragmentos de bosque y corredores ribereños que albergan una diversidad importante de fauna y flora. Durante el proyecto se han establecido con éxito bancos mixtos de forraje, árboles dispersos en potreros, cercas vivas y sistemas silvopastoriles intensivos con botón de oro (Giraldo *et al.,* 2018).

En el Piedemonte Orinocense es evidente el valor de los bosques como sitios de refugio para los escarabajos estercoleros y para la regeneración de las plantas nativas. Aunque algunas especies generalistas de escarabajos se establecen con éxito en las áreas abiertas, las especies más raras o especializadas requieren una cobertura de árboles en las áreas productivas. En este caso, los árboles dispersos en potrero, cercas vivas, setos forrajeros y sistemas silvopastoriles intensivos son claves para los escarabajos de mayor tamaño, que hacen una contribución importante a la función ecológica de remoción de estiércol y suelo en los potreros. Asimismo, una vez se consolidan los sistemas silvopastoriles, los árboles aumentan la disponibilidad de sitios de refugio y anidamiento para las aves en las áreas productivas, lo cual se refleja en la abundancia y riqueza de especies.

La ecorregión Valle del río Cesar está situada entre 100 y 500 msnm, en los departamentos de Cesar y Guajira. Este paisaje, al igual que buena parte de la región Caribe de Colombia estuvo cubierto por bosques secos. En las últimas décadas los suelos del valle del río Cesar sufrieron un deterioro acelerado como resultado de la eliminación progresiva de la cobertura forestal, su reemplazo por monocultivos intensivos de algodón y más adelante el avance de la ganadería

extensiva en monocultivos de pastos sin árboles (Giraldo, 2015; Giraldo *et al*., 2018). Actualmente, la región se encuentra en proceso de desertización y la degradación de la tierra se manifiesta en el deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos (IDEAM, 2005).

A pesar de la pérdida casi total y la fragmentación de los bosques, éstos conservan la mayor riqueza de plantas, escarabajos y aves (Figura 13). Los SSPi son el uso del suelo que más contribuye a la conservación de los escarabajos estercoleros, en tanto que los potreros con árboles cumplen un papel clave en la conservación de las aves y en su movilidad en el paisaje ganadero. Grandes escarabajos como *Diabroctis cadmus* y *Dichotomius carolinus y* otros que son importantes para la remoción de suelo y estiércol bovino, se desplazan entre los pequeños bosques remanentes y los SSPi. *Crotophaga sulcirostris*, *Columbina squammata, Pyrocephalus rubinus* y *Eupsittula pertinax* fueron las especies de aves más abundantes en los potreros, *Columbina talpacoti* en los bosques, *Molothrus bonariensis* en los potreros sin árboles y *Campylorhynchus griseus* en los SSPi.

En esta región es evidente la importancia de los fragmentos de bosque para la conservación de las aves, escarabajos y plantas en el paisaje. Asimismo, los árboles dispersos en los potreros forman hábitats adecuados para la conservación de especies nativas de los tres grupos indicadores y los SSPi con *Leucaena* generan beneficios directos para la fauna. La cobertura de dosel y la hojarasca que se deposita sobre el suelo, en estos sistemas, favorecen la permanencia de escarabajos que remueven estiércol y suelo, aumentando la aireación y la capacidad del suelo para infiltrar y almacenar el agua.

La ecorregión Bajo Magdalena está situada entre 0 y 300 msnm, en la zona de influencia de la desembocadura del río Magdalena (departamentos de Atlántico y Bolívar). La región estuvo cubierta por bosques secos que fueron desplazados por la agricultura y la ganadería (Giraldo *et al.,* 2018). Durante el proyecto se han

Figura 13. Distribución de la riqueza de plantas, escarabajos y aves en los diferentes usos de la tierra de las fincas ganaderas del Valle del río Cesar.

establecido con éxito bancos mixtos de forraje, árboles dispersos en potreros, cercas vivas y sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena* y botón de oro. Asimismo, se ha promovido la rehabilitación de los bosques y corredores ribereños en el paisaje (Giraldo *et al.,* 2018).

En términos generales, la diversidad de plantas, aves y escarabajos es baja comparada con otras regiones de bosque seco (Cuadro 3) y los fragmentos de bosque muestran un deterioro evidente. Sin embargo, los potreros con árboles dispersos albergan una diversidad importante de aves y plantas.

La riqueza y abundancia de los escarabajos estercoleros se considera baja, debido principalmente a las sequías extremas que ha sufrido la región durante los últimos años y a la baja cobertura de árboles en las áreas productivas. Los bosques presentan la mayor riqueza y abundancia de especies, seguidos de los árboles dispersos en potreros. Los SSPi de la región están recién establecidos y deberán ser monitoreados en el tiempo para determinar los cambios que ocurren en la comunidad de escarabajos una vez que aumenten la cobertura y la riqueza de plantas.

Las fincas ganaderas del Bajo Magdalena son vulnerables a los fenómenos climáticos extremos, por lo tanto, los sistemas silvopastoriles (árboles dispersos en potreros, SSPi, setos forrajeros y cercas vivas) permitirán mejorar las condiciones ambientales para las aves y escarabajos que son más exigentes en calidad de hábitat y que contribuyen al adecuado funcionamiento de los sistemas ganaderos.

La ecorregión Boyacá-Santander comprende varios municipios, dos departamentos se caracterizan por su topografía variada y la considerable diversidad de ecosistemas (Giraldo *et al.,* 2018). La región coincide con el llamado Corredor de Robles, que incluye fragmentos de bosque maduro dominados por la especie *Quercus humboldtii,* única en su género en América del Sur y de importancia para la conservación, localizado entre 1500 y 3000 msnm. En Santander se han promovido los bancos mixtos de forraje, los árboles dispersos en potreros, las cercas vivas y los sistemas silvopastoriles intensivos con botón de oro como estrategia de rehabilitación de las fincas ganaderas (Giraldo *et al.,* 2018).

En el departamento de Boyacá predominan las zonas de vida de bosque seco montano bajo y bosque húmedo montano bajo (Holdridge, 1987), ubicadas entre 2500 y 3000 msnm. Los bosques de la región desaparecieron hace varias décadas y fueron reemplazados por potreros extensivos de manejo convencional. En el proyecto se han establecido con éxito los bancos mixtos de forraje, setos forrajeros y árboles dispersos en potreros con el propósito de recuperar la cobertura de plantas leñosas y mejorar la conectividad en el paisaje. En esta zona se ha promovido el cultivo del tilo como arbusto forrajero en los sistemas silvopastoriles (Giraldo *et al.,* 2018).

El bosque presenta la mayor riqueza de especies de plantas y escarabajos. Allí se concentran las especies raras, únicas y exigentes en calidad del hábitat (Cuadro 3). Los potreros con árboles, sistemas silvopastoriles intensivos y setos forrajeros

albergan una riqueza importante de especies y por lo tanto, contribuyen a recuperar la biodiversidad local.

Los resultados de la investigación sobre escarabajos estercoleros en Boyacá evidencian la importancia de los setos forrajeros que dividen los potreros como refugios para estos insectos. Se sabe que el microclima inestable de las áreas ganaderas abiertas (incluidas heladas varias veces en el año), afecta la distribución de las especies y su función ecológica. El aumento de la cobertura arbórea y arbustiva genera condiciones más estables que benefician a los escarabajos en los sistemas ganaderos.

Los resultados de los monitoreos de biodiversidad de la ecorregión Boyacá-Santander, también respaldan el carácter irremplazable de los bosques como reservorios de aves, plantas y escarabajos. Es importante proteger y reconectar los fragmentos de bosque que aún quedan en el departamento de Boyacá. En este sentido, se resalta la estrategia de conservación de los fragmentos y protección de corredores ribereños utilizada por el proyecto. Además, se evidencia la necesidad de aumentar la cobertura arbórea para promover la diversidad de aves, plantas y escarabajos en el paisaje.

Los resultados de los monitoreos de biodiversidad en los predios del proyecto evidencian que los ecosistemas naturales son el principal reservorio de las plantas leñosas, aves y escarabajos en todos los paisajes estudiados. Sin embargo, también sugieren que los sistemas ganaderos con árboles (cercas vivas, setos forrajeros, SSPi, árboles dispersos en potrero y bancos mixtos de forraje) complementan la función de los bosques y contribuyen a retener biodiversidad en los potreros ganaderos.

Por otra parte, la heterogeneidad de los SSPi favorece la confluencia de escarabajos estercoleros y aves propias del interior del bosque y de especies adaptadas a los espacios abiertos. Esta integración de especies con diferentes preferencias de hábitat es benéfica para el sistema productivo, porque contribuye a aumentar la funcionalidad ecológica y servicios ambientales. En términos de conservación, los sistemas ganaderos sostenibles pueden considerarse amigables con la biodiversidad porque favorecen el movimiento de las especies a través del paisaje.

Impacto de los SSP sobre la productividad y la rentabilidad

A lo largo del proyecto GCS se ha hecho un seguimiento detallado de 101 fincas distribuidas en las cinco ecorregiones, que son una muestra representativa de los sistemas productivos y ecosistemas cubiertos por el proyecto. En estas unidades productivas se determinó el efecto de los sistemas silvopastoriles sobre indicadores económicos y productivos. Para esto se consideró la productividad expresada en términos de la carga animal (UGG/ha) y la producción de leche (litros por hectárea por año) y carne (kg por hectárea por año). Para efectos comparativos se utilizaron sistemas de pastoreo convencional (monocultivos de pasto a libre exposición) como control. La evaluación se aplicó en dos momentos: durante la estación seca del primer semestre de 2017 y en la estación húmeda del segundo semestre del mismo año. A continuación se presentan los resultados de las estimaciones de la estación seca y se comparan los SSP y los potreros sin árboles con una confiabilidad de 90%.

Los resultados contundentes indican el efecto benéfico de los sistemas silvopastoriles sobre la carga animal y la producción de leche y carne por unidad de área y concuerdan con investigaciones recientes (Barahona *et al.,* 2014; Chará *et al.,* 2015; Rivera *et al.,* 2017). Este hallazgo es el resultado del aumento en la producción de biomasa (pastos y forrajes) por unidad de superficie y el mejoramiento de la calidad nutricional de dicha biomasa, factores que repercuten en la mejor nutrición de los bovinos en pastoreo. Los resultados son consistentes en las cinco regiones donde opera el proyecto, a pesar de las diferencias entre condiciones ambientales y sistemas de producción.

Carga animal

En términos generales, los sistemas silvopastoriles logran un incremento de la capacidad de carga (UGG/ha) en todas las regiones de Colombia, lo que sugiere que pueden facilitar la intensificación de la ganadería en las tierras aptas para el desarrollo de esta actividad y ofrecen la posibilidad de liberar áreas frágiles para la conservación en las unidades productivas (Cuadro 4).

A partir de estos sistemas es posible aumentar la producción y reducir el área que se destina al pastoreo. El promedio regional fue de 3.5 UGG/ha, que representa un incremento de 23% frente a los sistemas ganaderos convencionales (Cuadro 4).

Cuadro 4. *Estimación de la carga animal (UGG/ha) promedio en SSP y el porcentaje de variación frente a los sistemas ganaderos convencionales.*

	Carga animal (UGG/ha) promedio	Variación esperada	Variación (%) frente a sistemas convencionales
Bajo Magdalena	2.9	+/- 0.91	36.9
Boyacá-Santander	4.1	+/- 3.67	11.3
Ecorregión Cafetera	4.6	+/- 1.58	31.6
Piedemonte Orinocense	3.9	+/- 3.62	24.6
Valle del río Cesar	2.2	+/- 1.71	10.5
Total promedio	3.5	+/- 0.9	23.0

Producción de leche

La producción promedio de leche en los sistemas silvopastoriles de las cinco regiones del proyecto es de 2,610 litros/ha/año, con una variación de 37.1% con respecto a los sistemas convencionales (Cuadro 5).

Los resultados indican que la oferta permanente de forraje en los SSP y el incremento de la capacidad de carga, favorecen la producción de leche por unidad de superficie, lo cual se refleja directamente en mayores ingresos para los productores.

Cuadro 5. *Productividad en leche (litros de leche/ha/año) en SSP y variación porcentual frente a los sistemas ganaderos convencionales.*

Región	Productividad en leche(L/ha/año)		
	Promedio	Variación esperada	Variación (%) frente sistemas convencionales
Bajo Magdalena	271.9	+/- 16.5	49.1
Boyacá-Santander	7,689.8	+/- 35.4	32.3
Ecorregión Cafetera	4,103.2	+/- 2.6	55.0
Piedemonte Orinocense	603.6	+/- 27.3	16.4
Valle del río Cesar	379.7	+/- 30	32.8
Total promedio	2,609.7	+/- 9.5	37.1

Costos de producción de leche

En los sistemas silvopastoriles el costo promedio de producción de un litro de leche es de 0.21 dólares, lo que equivale a una reducción promedio de 11.61% frente al costo de producir el mismo litro de leche en un sistema convencional (Cuadro 6). En términos generales, en todas las regiones se presenta una reducción en el costo de producción de la leche, la cual está relacionada con el incremento en la producción de biomasa y la reducción de insumos externos (concentrados y suplementos alimenticios).

Cuadro 6. *Costo del litro de leche en dólares americanos (USD$/litro) en SSP y porcentaje de variación frente a sistemas de ganadería convencional.*

Región	Promedio	Variación esperada	Variación (%) frente a sistemas convencionales
Bajo Magdalena	0.15	+/-0.012	-25.81
Boyacá-Santander	0.20	+/-0.014	4.29
Ecorregión Cafetera	0.29	+/-0.034	-15.85
Piedemonte Orinocense	0.19	+/-0.016	-17.57
Valle del río Cesar	0.20	+/-0.019	-3.12
Total promedio	0.21	+/-0.009	-11.61

Las diferencias en los costos entre las regiones son atribuibles a la disponibilidad regional de mano de obra, al tipo de producción y a las prácticas culturales de ordeña que se presentan en las diferentes épocas del año. La región de Boyacá-Santander es la única donde se detectó un incremento en los costos de producción del litro de leche, debido a que los predios son más pequeños y por ser un clima de menor temperatura (trópico de altura), la vegetación de los SSP crece más lenta y en el momento del monitoreo aún no se expresaban los beneficios de los forrajes establecidos en setos. Esta situación cambia cuando se incluya el análisis de la temporada de lluvias y en el futuro con la maduración de los sistemas sembrados.

Costos de producción de carne

En los sistemas silvopastoriles, la producción de un kilogramo de carne tiene un costo promedio de 0.37 dólares, lo cual representa una reducción de 24.2% frente al costo de producción en los sistemas convencionales. Los resultados se presentan de manera consistente para los sistemas productivos de todas las regiones donde opera el proyecto (Cuadro 7).

La reducción en el costo de producción de la carne en los SSP se relaciona directamente con el incremento de la biomasa forrajera por unidad de superficie, la eficiencia en el manejo rotacional de los animales, el incremento del bienestar animal (Broom *et al.,* 2013) y la reducción de insumos externos (alimentos concentrados y suplementos), entre otros.

Cuadro 7. *Costo de producción de carne/ha/año en dólares americanos (USD$/kg) en SSP y porcentaje de variación frente a sistemas de ganadería convencional.*

Región	Costo de producción de carne (USD$/kg) Promedio	Variación esperada	Variación (%) frente a sistemas convencionales
Bajo Magdalena	0.53	+/-0.042	-17.50
Boyacá-Santander	0.55	+/-0.021	-5.59
Ecorregión Cafetera	0.38	+/-0.021	-64.50
Piedemonte Orinocense	0.16	+/-0.012	-16.33
Valle del río Cesar	0.32	+/-0.031	-17.01
Total promedio	0.37	+/-0.012	-24.19

Los nuevos manejos con sistemas silvopastoriles también mejoran la calidad de la leche (Rivera *et al.,* 2017), en especial la presencia de mayores sólidos (proteína y grasa), como se observa en el cuadro 8, en donde se presenta el resumen de los indicadores productivos para las diferentes regiones del proyecto en sistemas convencionales y sistemas silvopastoriles (Cuadro 8).

Cuadro 8. *Resumen consolidado de indicadores de productividad en todas las regiones del proyecto, promedio y porcentaje de variación esperada frente a sistemas convencionales.*

Indicador	Promedio SSPi	Variación esperada	Variación (%) frente a sistemas convencionales
Carga animal (UGG/ha)	3.5	+/- 0.9	23.0
Productividad láctea (L/ha/año)	2,610	+/- 9.5	37.1
Porcentaje de grasa en leche (%)	3.7%	nd	1.9%
Porcentaje de proteína en leche (%)	3.3%	nd	0.18%
Sólidos totales (%)	12.5%	nd	1.5%
Costos de producción en leche	0.21	+/-0.009	-11.61
Costos de producción en carne	0.37	+/-0.012	-24.19

Los SSPi que integran árboles, arbustos y pastos en los sistemas ganaderos son una alternativa exitosa para la rehabilitación de las tierras ganaderas en las diferentes regiones de Colombia (Murgueitio, 2017). La heterogeneidad y condiciones del hábitat de estos sistemas ayudan a complementar la función de los bosques en la conservación de la biodiversidad y contribuyen a mejorar la producción de carne y leche y, por lo tanto, la calidad de vida de los pobladores rurales.

Los sistemas silvopastoriles representan una alternativa productiva y económicamente viable debido a que favorecen el incremento de la producción y los ingresos del productor ganadero en las diferentes regiones de Colombia. El beneficio de los SSP se aprecia de manera contundente en pequeños, medianos y grandes productores con explotaciones ganaderas destinadas a la producción de leche, carne o doble propósito, en zonas que van desde el nivel del mar hasta más de 2800 metros de altitud, con estacionalidad climática diferente en cada una de ellas. A partir de estos resultados es posible presentar los SSP como una alternativa para la rehabilitación de las tierras ganaderas en diferentes contextos regionales y globales (Calle *et al.,* 2013).

Agradecimientos. A los equipos regionales del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, a Heiber Alexánder Panteves, Carlos Mejía, Juan Carlos Alfaro, Luis Hernando Solarte, Adolfo Galindo, Julián Giraldo, Adriana Giraldo, Mateo Hernández, Alexánder Velásquez, Amadeo Perdomo, Jibram León, Julián Mendivil y Cindy Quevedo.

Referencias

Barahona, R., Sánchez, M.S., Murgueitio, E. y Chará, J. 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano, modalidad Investigación Científica. Bogotá, Colombia. *Revista Carta Fedegán*, 140:66-69.

Broom, D.M., Galindo, F.M. y Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceeding of the Royal Society Biological Sciences*, 280:2013-2025.

Calle, Z., Giraldo, A.M., Cardozo, A., Galindo, A. y Murgueitio, E. 2017. Enhancing biodiversity in Neotropical silvopastoral systems: use of indigenous trees and palms. Pp. 417-438. En: Montagnini, F. (Ed.): *Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty*. Advances in Agroforestry, 12. Springer, Dordrecht.

Calle, Z., Murgueitio, E. y Chará, J. 2013. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva,* 239(63):31-40.

Calle, Z., Murgueitio, E., Chará J., Molina C.H., Zuluaga, A.F. y Calle, A. 2013. A strategy for scaling-up intensive silvopastoral systems in Colombia. *Journal of Sustainable Forestry*, 32(7):677-693. doi: 10.1080/10549811.2013.817338.

Chará, J., Camargo, J.C., Calle, Z., Bueno, L., Murgueitio, E., Arias, L., Dossman, M. y Molina, E.J. 2015. Servicios ambientales de sistemas silvopastoriles intensivos: mejoramiento del suelo y restauración ecológica. Pp. 331-347. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia.

Chará, J. y Giraldo, C. 2011. *Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios.* Fundación CIPAV. Cali, Colombia.

Chará, J., Murgueitio E., Zuluaga, A. y Giraldo, C. (Eds.). 2011. *Ganadería colombiana sostenible*. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

Chará, J., Rivera, J.E., Barahona, R., Murgueitio, E., Deblitz, C., Reyes, E., Mauricio, R., Molina, J., Flores, M. y Zuluaga, A.F. 2017. Intensive silvopastoral systems: economics and contribution to climate change mitigation and public policies. En: Montagnini F. (Ed.). *Integrating landscapes: agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty*. Advances in Agroforestry, 12. Springer, Dordrecht.

FEDEGAN (**Federación Colombiana de Ganaderos**). 2006. *Plan Estratégico de la Ganaderia Colombiana 2019*. Federación Nacional de Ganaderos de Colombia. Bogotá, Colombia.

———. 2014. Recuperado de: http://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0-2014. Federación Colombiana de Ganaderos. Bogotá, Colombia.

———. 2018. *Coyuntura ganadera 2018*. Federación Colombiana de Ganaderos. Bogotá, Colombia.

Giraldo, C. 2015. *Servicios ecosistémicos y funciones ecológicas de los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) en sistemas de reconversión ganadera en el caribe de Colombia*. Tesis de doctorado. Universidad del Valle, Cali.

Giraldo, C., Escobar, F. y Montoya, S. 2018. *Escarabajos del estiércol en paisajes ganaderos de Colombia*. Fundación CIPAV, Cali.

Harvey, C., González, J. y Somarriba, E. 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forests, indigenous agroforestry systems and plantain monocultures in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation*, 15:555-585.

Holdridge, L.R. 1978. *Ecología basada en zonas de vida.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): Serie de Libros y Materiales Educativos.

ICA (**Instituto Colombiano Agropecuario**). 2017. En: https://www.ica.gov.co/Areas/Pecuaria/Servicios/Epidemiologia-veterinaria/Censos-2016/Censo-2017.aspx.

IDEAM (**Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**). 2005. *Atlas interactivo de la degradación de tierras por la desertificación en Colombia.* Bogotá D.C.

Montagnini, F., Ibrahim, M. y Murgueitio, E. 2013. Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et Forêts des Tropiques* 316(2):3-16.

Murgueitio, E. 2009. Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. *Avances en Investigación Agropecuaria AIA.* 13(1):3-19.

———. 2017. El mundo pide una ganadería amiga de la naturaleza y de la gente. Pp. 15-18. *Angus y Brangus de Colombia*. Bogotá Colombia. Edición 14.

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. y Solorio, B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261:1654-1663.

Murgueitio, E., Cuartas, C. y Naranjo, J.F. (Eds.). 2008. *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

Murgueitio, E., Flores, M., Calle, Z., Chará, J., Barahona, R., Molina, C. y Uribe, F. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. Pp. 59-101. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia.

Perfecto, I. y Vandermeer, J. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134:173-200.

Rivera J., Molina I., Chará J., Murgueitio E. y Barahona, R. 2017. Intensive silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala* Lam (de Wit): productive alternative in the tropic in view of climate change. *Pastos y Forrajes*, 40:159-170.

Slik J., W.F. 2015. An estimate of the number of tropical tree species. *PNAS* 112(24):7472-7477.

Wunder, S. 2006. *Pagos por servicios ambientales: principios básicos esenciales*. CIFOR Ocassional Paper, núm. 42.

Zapata, C., Robalino, J. y Solarte A. 2015. Influencia del pago por servicios ambientales y otras variables biofísicas y socioeconómicas en la adopción de sistemas silvopastoriles a nivel de finca. *Livestock Research for Rural Development*, 27(63). Recuperado de: http://www.lrrd.org/lrrd27/4/zapa27063.html.

Ganadería sustentable

02

¿Qué es la ganadería sustentable?

Silvia López Ortiz

La ganadería tiene un papel preponderante en la economía de muchas culturas alrededor del mundo, desde los sistemas intensivos de carne y leche en países desarrollados, hasta las unidades de producción rural a pequeña escala de los países en desarrollo. Se le considera una actividad productiva y noble que aún en condiciones de baja productividad puede mejorar las condiciones de vida de familias con menos ingresos (Tarawali *et al*., 2011; Purroy-Vásquez *et al*., 2016).

Esta actividad ocupa cerca de 30% del territorio del planeta y 70% de las tierras agrícolas y se le considera como la actividad económica que más recursos naturales utiliza en sus procesos (Scholten *et al*., 2013), por lo que sus efectos en el ambiente se han exacerbado en las últimas décadas. Actualmente, se le atribuye la deforestación y el deterioro de los suelos, la pérdida de ecosistemas y biodiversidad, así como la contaminación del agua y el aire. La ganadería, tanto como otras actividades agrícolas, ha operado bajo una visión de disponibilidad ilimitada de recursos y no mide los efectos detrimentales de sus emisiones. Sin embargo, esta visión tiene que llegar a su fin ante los efectos negativos en el ambiente que ha generado la producción de alimentos, sobre todo en las últimas décadas.

A partir de los años setenta del siglo XX, la humanidad empezó a preocuparse por el ambiente ante la necesidad de producir alimentos a gran escala (Scholten *et al*., 2013; Cisneros-Saguilán *et al*., 2015) y estar a expensas de una base de recursos profundamente dañada, situación que conlleva grandes retos para las generaciones actuales y futuras. Es entonces que el concepto de sustentabilidad cobra importancia en los foros de discusión sobre el deterioro ambiental y el mantenimiento de la vida humana en la Tierra, generando conceptos que tienen que ver con la conservación de los recursos naturales, la mejora de las prácticas agrícolas y el uso racional de los recursos, que en su generalidad se relacionan al concepto de sustentabilidad.

El concepto de ganadería sustentable y otros asociados a esta actividad (por ejemplo, sistemas de producción sustentable), se han propuesto para abordar distintos aspectos de la sustentabilidad en la práctica de la ganadería. Por ejemplo, el tema de la diversidad de prácticas de manejo y de especies de ganado para fortalecer los sistemas de producción, pastoreo para mejorar la sustentabilidad

de pasturas y pastizales, manejo de la biodiversidad para aumentar la resiliencia de los sistemas de pastoreo y el enfoque de ciclos de vida para alcanzar mayor eficiencia en el uso de nutrientes en los sistemas de producción. Estos y otros ejemplos convergen en el interés de alcanzar la sustentabilidad.

Las dimensiones desde las que se puede abordar la sustentabilidad de la ganadería (ambiental, social y económica) son claras; para abordarlas e implementar los principios se requiere de esfuerzos colectivos en los que participen productores, proveedores, comerciantes, tomadores de decisiones y hasta los consumidores.

En esta contribución se hace una revisión de las propuestas del concepto de ganadería sustentable, así como de los enfoques y metodologías para alcanzar la sustentabilidad en la producción ganadera; esta revisión de conceptos y propuestas permitirá identificar componentes que la ganadería debiera incluir en todas sus dimensiones para alcanzar la producción de alimentos de origen animal de manera sustentable.

Ganadería sustentable

Las dimensiones social, ambiental y económica son los tres pilares sobre los que descansa el concepto de sustentabilidad (Goodland, 1995; Bernúes *et al.*, 2011; Lebacq *et al.*, 2013) y la sociedad está buscando encontrar el equilibrio entre ellas para alcanzar un desarrollo sustentable, concepto amplio que involucra a todos los aspectos de la actividad humana y que implica el funcionamiento del sistema económico actual, bajo el paradigma de una base de recursos finita que debe conservarse.

Una definición básica de desarrollo sustentable es: "el desarrollo que permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Brundtland Report, 1987; Ciegis *et al.*, 2009; Pullard *et al.*, 2011). Según Hollick (1993), las definiciones de sustentabilidad hasta ese momento coincidían en lo siguiente: *a)* sostener la vida humana en la Tierra, *b)* mantener los sistemas biológicos y agrícolas, *c)* conservar estable la población humana, *d)* sostener un crecimiento económico limitado, *e)* poner énfasis en la producción a pequeña escala y en la autosuficiencia y *f)* preservar la calidad ambiental. Todo esto denota la necesidad del ser humano de mantener el entorno estable; sin embargo, en un mundo que constantemente evoluciona, la habilidad de aprender y generar nuevas soluciones a través de "prueba y error", es muy valioso para adaptarse a los cambios y operar sistemas de producción que se adaptan a las necesidades del presente.

El concepto de sustentabilidad, aplicado a la producción de alimentos, se ha llamado sistema agrícola sustentable, del cual se deriva el concepto de ganadería sustentable y, en ambos casos, ese concepto se ha abordado desde las dimensiones económica, social y ecológica, principalmente (Bernúes *et al.*, 2011; Lebacq *et al.*, 2013), aunque Ciegis *et al.* (2009) incluye la organización institucional como otra dimensión de la sustentabilidad. Las propuestas para el estudio o solución de problemas en la ganadería pueden profundizar en aspectos ambientales, éticos, políticos y tecnológicos. Según Napel *et al.* (2011), una ganadería sustentable es aquella que provee a las familias de un ingreso razonable y estable y al mismo tiempo, provee a los consumidores con productos saludables y de calidad que son aceptables por la sociedad, sin provocar efectos detrimentales en el bienestar del ganado, en la salud humana o en el ambiente.

Las investigaciones y propuestas metodológicas para abordar el tema involucran aspectos muy particulares de las dimensiones social, ecológica y económica, que se fundamentan en los distintos problemas económicos que la industria ganadera enfrenta, en el uso de los recursos naturales, en los efectos adversos que ha provocado en el ambiente y también en la necesidad creciente de alimentos para la humanidad.

Dimensión económica de la sustentabilidad

En la actualidad, se reconoce la importancia económica de la industria ganadera, que se extiende a casi todos los países del mundo en una amplia diversidad de condiciones ambientales, en distintas escalas y niveles tecnológicos (Kruska *et al.*, 2003). No obstante, la sustentabilidad económica de la actividad ganadera es tema de preocupación y discusión, porque

para que sea realmente sustentable los ranchos deben ser eficientes, la riqueza que generan debe estar distribuida en todos los eslabones de la cadena de producción (equidad) y funcionar bajo el enfoque de que la base de recursos no tiene un precio y que éstos se deben preservar.

Los sistemas de producción ganadera no debieran buscar la máxima productividad como símbolo de eficiencia, un ejemplo puede ser un rancho que produce más (litros de leche, kilogramos de ganado en pie) a un mayor costo porque utiliza más insumos para aumentar la producción, mientras otra unidad podría producir menos a menor costo porque el empleo de insumos es limitado y hace un uso más eficiente de los recursos disponibles dentro de la unidad de producción. Altieri *et al*. (1983) proponen que los agroecosistemas de pequeña escala pueden ser autosuficientes, diversificados y económicamente viables, con diseños de sistemas agrícolas y ganaderos novedosos, manejados con tecnologías adaptadas a los ambientes locales. Por otro lado, Pullar *et al*. (2011) proponen que la producción ganadera intensiva puede ser más eficiente, identificando las regiones que tienen las condiciones ambientales para producir a un menor costo y trasladar los productos a las regiones donde no se producen. Esta idea puede ser un modelo en regiones con ganadería especializada y producción a escala.

En México, la mayoría de las unidades de producción son de pequeña escala y de tipo familiar, con prácticas en condiciones poco favorables, donde la ganadería es una actividad económica complementaria para el sustento familiar; este tipo de ganadería debería tener otras propuestas para hacer eficiente la producción, como la de Altieri *et al*. (1983), que asimismo puede funcionar para unidades ganaderas de cualquier escala.

El uso de insumos es un detractor importante de la eficiencia económica de la ganadería, los precios de herramientas y materiales, los agroquímicos (herbicidas y fertilizantes, principalmente), alimentos concentrados, productos de limpieza y fármacos, están en constante aumento y llegan a ser el rubro más importante en los costos de producción. La necesidad de comprar estos insumos es resultado de la intensificación de los sistemas para maximizar la producción, sin embargo, ese afán lleva consigo el resultado desastroso de obtener márgenes de ganancia muy bajos.

Es difícil ofrecer alternativas "milagrosas" para solucionar esta situación, salir del círculo vicioso conlleva cambiar prácticas de manejo que gradualmente permitan prescindir de insumos externos, hasta ciertos niveles. Como diversos autores han publicado: "el alimento más barato es la hierba", entonces, los ganaderos podrían implementar sistemas y ambientes de pastoreo que les permitan ser más autosuficientes para disminuir la necesidad de forrajes y alimentos externos; ser también más efectivos en el control de arvenses, que en sistemas extensivos y de pastoreo selectivo se convierten en "malas hierbas", pero que bajo sistemas de pastoreo eficientes pasan a ser parte del forraje, entonces disminuye la necesidad de herbicidas; además, un sistema eficiente de pastoreo acompañado de buen manejo zootécnico, también trae beneficios en la salud del ganado, disminuyendo la necesidad de fármacos. Los sistemas de producción

intensivos donde las oportunidades de pastoreo son limitadas o nulas deberán buscar formas novedosas de disminuir las necesidades de insumos, siempre tratando de ser más eficiente en el uso de los recursos; la productividad y la eficiencia será el resultado de las buenas prácticas.

Cassia *et al.* (2010) plantean que la sustentabilidad de los sistemas agrícolas depende también de las interacciones de los procesos productivos con el territorio y de la capacidad de reorganizar esas interacciones en el tiempo. Lo anterior significa que la reorganización debe generar un nuevo sistema que integre a la escala de territorio: la producción de los insumos para alimentación del ganado (granos, subproductos, aditivos, etc.), la producción de forrajes y la producción animal, esto incluye a todas las especies de ganado que se puedan estar manejando en el territorio (aves, bovinos, cerdos, etc.).

El desarrollo de mercados es otro aspecto importante para la sustentabilidad económica; los productos deben comercializarse a precios justos, para eso la organización de los productores es indispensable, porque las condiciones y medios para la comercialización se deben buscar. El desarrollo de mercados es una prioridad, sin embargo, es un error pensar solo en mercados nacionales e internacionales; cada vez se reconoce más que los mercados locales y regionales deben crearse nuevamente (Garcés, 2002; Cassia *et al*., 2010), vender leche en la puerta del rancho a precios irrisorios, cuando la sociedad inmediata a nuestras comunidades consume leche procesada a precios exorbitantes, no contribuye a la sustentabilidad de la ganadería o al desarrollo sustentable local o regional; la población cercana a los lugares donde la leche se produce deberían estar demandando este producto y los productores locales deberían estar poniéndolo en el mercado.

Dimensión ambiental de la sustentabilidad

La ganadería se considera la actividad económica que más recursos naturales utiliza (Gerber *et al*., 2014). Se le atribuye el desgaste de la cobertura vegetal de grandes extensiones de suelo para convertirlos a pasturas, originando la pérdida de biodiversidad y ecosistemas; también se reconoce que esta actividad productiva ha contribuido al deterioro de la calidad del aire, del agua y del suelo (Tolba, 1992). Algunos problemas actuales relacionados con este deterioro son la deposición de grandes cantidades de desechos orgánicos que se generan en las granjas y se vierten al ambiente, el uso excesivo de nutrientes que se pierden de los sistemas de producción y terminan contaminado fuentes de agua y suelos, las emisiones de metano (CH_4), amonio (NH_4^+) y óxido nitroso (N_2O), gases con efecto invernadero provenientes de la digestión del ganado y la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el suelo (de Blas *et al*., 2008; Melse y Timmerman, 2009).

La base de la producción de alimentos es el suelo y el crecimiento de las plantas depende de la fertilidad del mismo. Por tanto, conservar sus propiedades físicas, químicas y biológicas es una prioridad en los sistemas de producción. No obstante, el suelo se ha usado como un sustrato inerte, sobre todo los suelos destinados a la ganadería que han soportado prácticas agronómicas y ganaderas como la labranza, el monocultivo, el sobrepastoreo, el uso excesivo de fertilizantes o la nula fertilización, la aplicación de herbicidas, la quema periódica, la deposición y acumulación de residuos orgánicos, aguas residuales y fármacos por vía de los desechos del ganado, entre otras agresiones.

Bajo ese manejo, los suelos experimentan pérdida de materia orgánica y de nutrientes, acumulación de residuos químicos, cambios en su pH y en su capacidad de intercambio catiónico y disminución en la capacidad de infiltración del agua, entre otros aspectos no menos importantes. De ahí que las condiciones para la vida en el suelo se modifican drásticamente y los organismos removedores y descomponedores de la materia muerta, como las lombrices y los escarabajos, por decir algunos, desaparecen (Pinheiro, 2015).

En la ganadería basada en pastoreo, un componente importante para la sustentabilidad es el manejo adecuado de la cubierta vegetal, que va de la mano con el manejo del suelo. Esto implica destinar para el pastoreo únicamente suelos aptos, es decir, suelos planos y ondulados con poca pendiente, evitando las laderas. Un régimen de pastoreo adecuado de la vegetación es importante para mantener la base forrajera y potreros permanentes que no necesitan resembrarse periódicamente.

Actualmente, se está implementando el Pastoreo Racional Voisin (PRV) como una herramienta que permite cuidar el suelo y aumentar su capacidad productiva. Con este sistema se planifica el uso del forraje durante el año, acorde a las condiciones climáticas, ajustando la carga animal a la biomasa disponible a través de las distintas épocas del año, permitiendo el pastoreo solo cuando las plantas han alcanzado su punto óptimo de reposo, es decir, cuando han crecido y acumulado reservas para recuperarse adecuadamente del próximo pastoreo. La ocupación de los potreros se hace en periodos cortos (1 a 3 días) para prevenir el sobrepastoreo y favorecer la recuperación de las plantas y se da prioridad a los animales con mayores necesidades de nutrientes para favorecer los rendimientos máximos.

Con el paso del tiempo, el sistema PRV recupera suelos degradados por efecto de la acumulación de heces y orina y por la disminución del pisoteo (porque los periodos de ocupación son cortos), aumenta la productividad y permite el manejo de más cabezas de ganado en la misma superficie. Otras ventajas de este sistema son: la disminución gradual de control de arvenses, porque al manejar altas cargas en periodos cortos de tiempo, el pastoreo selectivo cambia a un consumo voraz debido a la competencia y el pastoreo se hace a fondo, es decir, casi al ras del suelo, entonces la mayor parte de las plantas asociadas pasan a constituir la base forrajera (Pinheiro, 2015).

Otro de los beneficios ecológicos más importantes del PRV es que se pueden manejar una diversidad de plantas de distintas formas biológicas (hierbas, arbustos, bejucos, lianas, árboles), fomentando la biodiversidad, mejorando la calidad de la dieta y también la salud del ganado; es decir, se amplía la disponibilidad temporal de forraje (Provenza *et al*., 2007; Villalba *et al*., 2014).

La agroforestería es una alternativa para mejorar la sustentabilidad de la ganadería. Los sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles son combinaciones de cultivos con árboles y ganado. Actualmente, se ha dado gran difusión a los sistemas silvopastoriles intensivos en los que se asocian gramíneas introducidas con árboles forrajeros en hileras, manejados como arbustos mediante podas, sin embargo, en la realidad existen sistemas silvopastoriles inducidos por el manejo como asociaciones de gramíneas, hierbas, arbustos y árboles nativos, que surgen espontáneamente, resisten el manejo que se da a los potreros y forman sistemas silvopastoriles (Bautista-Tolentino *et al*., 2011). La vastedad de recursos florísticos y las condiciones bioclimáticas de México son ideales para encontrar asociaciones silvopastoriles empíricas (producto de las experiencias de los ganaderos) que contribuirían a mejorar la sustentabilidad de los ranchos.

Un sistema de producción sustentable también considera el bienestar del ganado y condiciones para la vida silvestre asociada. El PRV y los sistemas agro y silvopastoril, son prácticas que proveen estos servicios ambientales en los ranchos. Los árboles y arbustos se convierten en refugios donde los animales se protegen de los rayos del sol (donde la temperatura puede disminuir de 3 a 5 °C), de la lluvia, de los vientos y de las suradas. La diversidad de especies vegetales atrae fauna que llega a los potreros para alimentarse, protegerse, pernoctar y anidar,

esa fauna contribuye con múltiples servicios ecosistémicos que usualmente pasan inadvertidos a nuestros ojos, pero que son importantes para la continuidad de la vida; por ejemplo, la incorporación de las heces al suelo que hacen los escarabajos estercoleros, la dispersión de semillas por los venados y las aves, la polinización que realizan las abejas, etcétera.

La ganadería también ha manipulado el ciclo de nutrientes y amplificado el flujo de los mismos, debido a la fertilización de pasturas y la alimentación a base de concentrados, principalmente en sistemas ganaderos intensivos y semiintensivos, cabe señalar que esto también puede suceder en la ganadería extensiva (alrededor de las salas de ordeña, en áreas comunes de descanso y toma de agua). La consecuencia de esas prácticas es la acumulación excesiva de nutrientes en el suelo o en el agua que provocan la salinización o aumentan la posibilidad de eutrofización.

Gerber *et al*. (2014) proponen que el uso eficiente de los nutrientes en los ranchos debe ser un indicador de sustentabilidad. La eficiencia significa utilizar la cantidad adecuada (necesaria) de los recursos (en este caso el nutriente, sea nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) o cualquier otro) por unidad de producto (carne, leche, etc.). Esa eficiencia implica que las prácticas como fertilización y suplementación se hagan con conocimiento y precisión para evitar fugas que se conviertan en contaminantes. Este tema está ligado al tratamiento y deposición de los residuos del ganado que terminan como contaminantes dentro del mismo rancho; todos los subproductos orgánicos son potencialmente reciclables y se pueden utilizar como abonos o como material para generar energía.

Retomando el tema de la biodiversidad, hay que puntualizar en los efectos de la práctica ganadera sobre los ecosistemas. La vida sobre los suelos dedicados a la producción de forrajes y al pastoreo se ha devastado para favorecer los monocultivos de gramíneas introducidas, sin considerar que la biodiversidad es un atributo indispensable para la regeneración de todo sistema (Eisenhauer *et al*., 2011; Broom *et al*., 2013).

La biodiversidad en los ranchos puede incrementarse con el manejo de más especies forrajeras (herbáceas, arbustivas, arbóreas, leguminosas y no leguminosas) y más vegetación asociada a las gramíneas con distintos propósitos (forrajero, maderable, alimento, delimitación de potreros, sombra, mejoramiento de suelos, etc.). Los beneficios de mantener una alta biodiversidad son múltiples: menor aparición y dispersión de plagas y enfermedades (de cultivos y de ganado), mayor retención de nutrientes y mejor capacidad de mantenerlos en el sistema y finalmente, mayor infiltración de agua (Altieri *et al*., 1983; Broom *et al*., 2013).

Dimensión social de la sustentabilidad

Las propiedades nutrimentales y nutracéuticas de los alimentos de origen animal que hoy se producen han cambiado a causa del manejo que el ganado recibe. Sobre todo debido a que la alimentación con granos y subproductos de las industrias han sustituido, total o parcialmente, el pastoreo (Provenza *et al*., 2015). Una sociedad conocedora de la calidad de los alimentos que consume está exigiendo

productos inocuos, que garanticen el mantenimiento de la salud, pero también están buscando alimentos con características organolépticas que evoquen sabores específicos de la naturaleza, es decir, que los alimentos tengan el sabor que solían tener cuando se producían en ambientes más naturales.

Al mismo tiempo, los productores ahora enfrentan el dilema de producir de manera eficiente, pero también de producir alimentos libres de sustancias nocivas para la salud (agroquímicos, fármacos, metales pesados, entre otros compuestos). Scholten *et al*. (2013) han propuesto un concepto basado en la ética, implementada en el dominio de la salud animal y humana, compuesto por cuatro principios: 1. Una sola salud, que se refiere a salvaguardar la salud y seguridad, tanto de animales como de humanos; implica erradicar enfermedades, disminuir el uso de antibióticos que provocan resistencia y otras sustancias adversas para la salud. Aquí tiene el mismo valor la salud de cada animal como la de cada ser humano involucrado en la cadena de valor. 2. Cuidados para salvaguardar la dignidad y la integridad de cada uno de los animales en el rancho. 3. Sin efectos detrimentales hacia el ambiente o la sociedad, lo cual significa evitar exponer el ambiente a emisiones excesivas de desechos de mal olor, polvo, patógenos, etc. 4. Mantener una productividad que garantice un sector ganadero responsable y confiable, con perspectivas económicas sólidas en las cadenas de producción de alimentos (a escala local, nacional, regional y global).

De la anterior propuesta resalta el cuidado de la salud para asegurar el bienestar animal y de la sociedad, la producción de alimentos inocuos, salud ambiental y seguridad económica. Cada principio propuesto implica un cambio profundo en las formas de producción y en los principios éticos de las personas.

La industria formal (empresas que se dedican a la transformación en el marco de la legalidad) e informal (individuos y grupos sociales dedicados a la transformación al margen de las normas), procesan productos de origen animal que pueden ser de calidad dudosa, dadas las malas prácticas de procesamiento y al poco control de calidad (por ejemplo en la elaboración de quesos artesanales). Si a esto se le suma la cantidad de fármacos y otras moléculas como los anabólicos, promotores del crecimiento que se utilizan en los ranchos en donde no se respetan los periodos de cuarentena para que se metabolicen, estos pueden pasar a la cadena alimenticia, provocando problemas de salud pública. Los consumidores merecen productos inocuos y actualmente están demandando alimentos sanos con características acordes a sus necesidades y preferencias. Los ganaderos y otros participantes de las distintas cadenas de valor de productos de origen animal tendrán que tener conciencia y observar principios éticos en la producción de alimentos.

La equidad en la distribución de la riqueza es otro de los atributos de los sistemas sustentables. Si consideramos a la agricultura como un gran sistema económico (Hollick, 1993) en cualquiera de las escalas (de lo local a lo global), ésta genera riqueza en todos los niveles de la cadena de valor; sin embargo, los márgenes de ganancia que se generan a lo largo de la cadena no son proporcionales y los productores resultan ser los más desfavorecidos, de manera que la distribución de la riqueza es desigual. El origen de esta inequidad es complejo y no puede atribuirse a una sola causa. Es claro que a nivel de producción primaria la ganadería es dependiente de insumos, con altos costos de producción y precios bajos en sus productos; los compradores de leche y ganado en pie imponen precios basados en los que dictan los mercados, pero también aplican condiciones de compras discrecionales e injustas para los productores; así, los productos que pasan a los mercados de industrialización, mayoristas, minoristas y el consumidor, pueden alcanzar precios poco relacionados con los pagados a los productores. En resumen, la riqueza que la industria ganadera genera se distribuye inequitativamente, lastimando sobre todo al eslabón de producción primaria.

La necesidad de vivir en un ambiente limpio es cada vez más percibida en la sociedad, que ahora está demandando aire limpio, agua limpia, paisajes sanos para la conservación de especies y la vida en general. Dar respuesta a estas necesidades implica tener mayor regulación en la actividad pecuaria, para planificar la ubicación de ranchos y granjas, de manera que no entren en conflicto con la sociedad y tengan más oportunidad de tratar y deshacerse de los desechos; esta regulación también tendría que dirigirse al tratamiento de las emisiones, como ya se ha discutido antes.

Reflexiones

Ganadería sustentable es un concepto que no está claramente definido, pero que puede construirse con las aportaciones hechas desde las distintas dimensiones de la realidad actual y desde disciplinas relacionadas a la salud animal, humana y ambiental. Las aportaciones para construir una definición, desde la ciencia hasta la praxis, son abundantes en la literatura y aportan elementos que se pueden incorporar a la práctica para la reconversión hacia una ganadería sustentable. Esa reconversión no es tarea sólo de los productores ganaderos, sino de todos los participantes en las cadenas de valor, conociendo cada quien su función en esa cadena y las actitudes y acciones que le corresponden desde la ética para salvaguardar el bienestar de los animales y las personas. El desarrollo de políticas acordes a la realidad actual regulará las acciones de los participantes para fortalecer a los productores, empoderar a los consumidores y proteger el ambiente.

La ética en la producción de alimentos de origen animal es imperativa para emprender el camino hacia la sustentabilidad. Solo los individuos pueden hacer cambios significativos en el manejo para avanzar hacia la sustentabilidad, con o sin legislación, porque las leyes no siempre impiden las prácticas inapropiadas y la ética de las personas es el límite para la actuación apropiada o inapropiada.

Las personas anteponen el beneficio inmediato al beneficio retardado y eso es un detractor en la implementación de acciones hacia la sustentabilidad, porque al implementar prácticas ganaderas sustentables, los beneficios no se obtienen inmediatamente. Solo los individuos podemos decidir si producir alimentos asegurando el bienestar animal, la salud de los consumidores y sin contaminar. La ética tendrá que sobresalir, porque las leyes no son infalibles para detener las malas prácticas. Alcanzar una ganadería sustentable requiere de la voluntad de todos.

Referencias

Altieri, M. A., Letourneau, D. K. y Davis, J.R. 1983. Developing sustainable agroecosystems. *BioScience*, 33(1):45-49.

Bautista-Tolentino, M., López-Ortiz, S., Pérez-Hernández, P., Vargas-Mendoza, M.C., Gallardo-López, F. y Gómez-Merino, F. C. 2011. Agro-and silvopastoral systems in the community of El Limon, Paso de Ovejas municipality, Veracruz, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems,* 14:63-76.

Bernués, A., Ruiz, R., Olaizola, A., Villalba, D. y Casasús, I. 2011. Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: synergies and trade-offs. *Livestock Science*, 139:44-57.

Broom, D. M., Galindo, F. A. y Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings: Biological Sciences*, 280(1771):1-9.

Brundtland Report. 1987. *Report of the world commission on environment and development: our common future*. Naciones Unidas.

Cassia, C., Poccard-Chapuis, R., Bommel, P., Duarte, L., Bonaudo, T., Lossouarn, J. y Tourrand, J. F. 2010. How to analyze the contributions of tropical livestock produc-

tion systems in territorial sustainable development? Poultry production chain in Goia´s, Brazil. International symposium on sustainable animal production in the tropics: farming in a changing world, November 2010. *Advances in Animal Biosciences*, 1(2):522.

Ciegis, R., Ramanauskiene, J. y Martinkus, B. 2009. The concept of sustainable development and its use for sustainability scenarios. *Engineering Economics,* 62(2):28-37.

Cisneros-Saguilán, P., Gallardo-López, F., López-Ortiz, S., Ruiz-Rosado, O., Herrera-Haro, J.G. y Hernández-Castro, E. 2015. Current epistemological perceptions of sustainability and its application in the study and practice of cattle production: a review. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(8):885-906.

De Blas, C., García-Rebollar, P., Cambra-López, M. y Torres, A. G. 2008. Contribución de los rumiantes a las emisiones de gases con efecto invernadero. Pp. 121-150. En: *XXIV Curso de especialización FEDNA*. FEDNA, Madrid.

Eisenhauer, N., Milcu, A., Allan, E., Nitschke, N., Scherber, C., Temperton, V. M., Weilgel, A., Weisser, W. W. y Scheu, A. 2011. Impact of above and below ground invertebrates on temporal and spatial stability of grassland of different diversity. *Journal of Ecology,* 99(2):572-582.

Garcés, L. 2002. La "revolución pecuaria" y su efecto en los pequeños productores. *Revista LEISA*, (Junio):9.

Gerber, P. J., Uwizeye, A., Schulte, R. P. O., Opio, C. l. y De Boer, I. J. M. 2014. Nutrient use efficiency: a valuable approach to benchmark the sustainability of nutrient use in global livestock production? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 9-10:122-130.

Goodland, R. 1995. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26:1-24.

Hollick, M. 1993. Self-organizing systems and environmental management. *Environmental Management,* 17(5):621-628.

Kruska, R. L., Reid, R. S., Thornton, P. K., Henninger, N. y Kristjanson, P. M. 2003. Mapping livestock-oriented agricultural production systems for the developing world. *Agricultural Systems,* 77(1):39-63.

Lebacq, T., Baret, P. V. y Stilmant, D. 2013. Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33:311-327.

Melse, R. W. y Timmeman, M. 2009. Sustainable intensive livestock production demands manure and exhaust air treatment technologies. *Bioresource Technology,* 100:5506-5511.

Napel, T. J., van der Veen, A. A., Oosting, S. J. y Groot Koerkamp, P. W. G. 2011. A conceptual approach to design livestock production systems for robustness to enhance sustainability. *Livestock Science*, 139:150-160.

Pinheiro, M. L. C. 2015. *Pastoreo Racional Voisin. Tecnología agroecológica para el tercer milenio.* Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 253 pp.

Provenza, D. F., Meuret, M. y Gregorini, P. 2015. Our landscapes, our livestock, ourselves: restoring broken linkages among plants, herbivores, and humans with diets that nourish and satiate. *Appetite*, 95:500-519.

Provenza, F. D., Villalba, J. J., Haskell, J., MacAdam, J. W., Griggs, T. C. y Wiedmeier, R. D. 2007. The value to herbivores of plant physical and chemical diversity in time and space. *Crop Science*, 47:382-398.

Pullar, D., Allen, N. y Sloyan, M. 2011. Challenges and opportunities for sustainable livestock production in the UK. *Nutrition Bulletin*, 36:432-437.

Purroy-Vásquez, R., Gallardo-López, F., Ortega-Jiménez, E., Díaz-Rivera, P., López-Ortiz, S. y Torres-Hernández, G. 2016. Eficiencia energética y económica, bienestar familiar y productividad en agroecosistemas tropicales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(4):513-527.

Scholten, M. C. Th., De Boer, I. J. M., Gremmen, B. y Lokhorst, C. 2013. Livestock farming with care: towards sustainable production of animal-source food. *NJAS. Wageningen Journal of Life Sciences*, 66:3-5.

Tarawali, S., Herrero, M., Descheemaeker, K., Grings, E. y Blümmel, M. 2011. Pathways for sustainable development of mixed crop livestock systems: taking a livestock and pro-poor approach. *Livestock Science*, 139:11-21.

Tolba, M. K. 1992. *Salvemos el planeta: problemas y esperanzas*. Programa de Naciones Unidas. Chapman y Hall, Londres. 287 pp.

Villalba, J. J., Provenza, D. F., Gibson, N. y López-Ortiz, S. 2014. Veterinary medicine: the value of plant secondary compounds and diversity in balancing consumers and ecological health. Pp. 165-190. En: William, B.C. y López-Ortiz, S. (Eds.). *Issues in agroecology: present status and future prospectus 3. Sustainable food production includes human and environmental health*. Springer, Berlín.

La importancia de un suelo saludable

Lucrecia Arellano, Patricia Menegaz de Farías, Isabelle Barois, José Antonio Torres-Rivera, Enrique Meza

El suelo es un cuerpo natural porque se genera por las fuerzas de la naturaleza, es dinámico porque cambia con el tiempo y porque es diferente de un sitio a otro. Es una mezcla variable de minerales que se agrupan para formar partículas de diferentes tamaños (arcilla, limo y arena), con espacios porosos por donde circula el agua y el aire, con contenido variable de materia orgánica y presencia de organismos vivos que determinan su potencial. Cuando el suelo se ha formado puede cubrir la superficie de la Tierra, en forma de una capa que puede ser tan delgada y medir unos pocos centímetros hasta acumularse por varios metros. Proporciona agua, aire, nutrientes y soporte mecánico para las plantas. Es un recurso natural fundamental con gran influencia sobre el ambiente, la economía local, regional y mundial, y de él dependen, en gran medida, la supervivencia y el bienestar de la población actual y las generaciones futuras.

Como todo sistema vivo es abierto porque intercambia materia, energía e información con el medio que lo rodea, del cual dependen sus propiedades. El suelo vincula lo biológico u orgánico con lo inorgánico, es el sitio donde inicia y termina la cadena alimenticia, por lo que si se altera (por estar sometido a procesos de degradación y destrucción de origen natural o por la acción directa o indirecta del hombre), se afecta todo el ecosistema de manera profunda.

Las funciones básicas del suelo son (Doran y Parkin, 1994): 1) mantener la productividad del ecosistema sin perder sus propiedades; 2) retener, regular y separar el agua y el flujo de sustancias disueltas; 3) filtrar y amortiguar la entrada de contaminantes; 4) desintoxicar de sustancias orgánicas e inorgánicas; 5) descomponer y mineralizar para reciclar los nutrientes y otros elementos, así como también almacenar la materia orgánica; 6) favorecer la actividad biológica y el mantenimiento de la diversidad de especies para el crecimiento de las plantas y para la productividad animal; 7) proporcionar soporte mecánico para los organismos vivos.

Mediante las funciones del suelo los seres humanos recibimos servicios ecosistémicos o ambientales (Figura 1), que son los beneficios que obtenemos de la naturaleza y que están ligados al bienestar y calidad de vida, dando soporte a nuestras actividades económicas.

Figura 1. Funciones y servicios ecosistémicos del suelo. Una propuesta integral ligada a procesos ecológicos. Las flechas azules simbolizan el flujo del agua hacia la cuenca. (Fuente: FAO, 2015).

El suelo es un subecosistema que proporciona el sustrato para la obtención de alimentos y otros bienes materiales, como la madera, las fibras, las medicinas, la leña y el carbón. Mediante algunas de sus propiedades emergentes, el suelo regula procesos ecológicos importantes relacionados con el estado de la biósfera local, regional y global, manteniendo condiciones apropiadas para la vida de los seres humanos. Entre los servicios del suelo se encuentran: la regulación climática mediante el secuestro de carbono, la regulación de la erosión y sedimentación (Parrón *et al*., 2015), la mitigación de inundaciones y la regulación de los caudales de los ríos (Figura 1).

Existen procesos ecológicos ligados con el suelo y pueden no tener implicaciones directas sobre el bienestar humano, pero sus beneficios se reciben de manera indirecta y a través de periodos muy largos, como la formación y la descomposición de la materia orgánica del suelo, el reciclado de nutrientes (Figura 1) y el control hídrico (MEA, 2005; Bennett y Balvanera, 2007; Andrade y Romeiro, 2009; Fonseca y Silva, 2010).

Los suelos proporcionan beneficios no materiales, producto de las percepciones individuales o colectivas y dependientes del contexto cultural (belleza escénica, recreación, cultura, educación, espiritualidad; Figura 1). La tierra (el suelo) ha sido respetada y valorada en muchas culturas, por ejemplo, entre los pueblos indígenas de Veracruz se celebra el *xochitlallis* (flores a la Tierra), ritual prehispánico que se realiza dando una ofrenda a la Madre Tierra para demostrarle el amor y agradecimiento por las cosechas realizadas. Todos llevan collares de flores y se coloca una ofrenda de frutos, mazorcas, ramas de café, alimentos y agua, así como flores de colores (para devolverlos a la Tierra) en los cuatro puntos cardinales.

Salud del suelo

El estado de las propiedades dinámicas del suelo, como contenido de materia orgánica y diversidad de organismos o productos microbianos, en determinado tiempo, constituye la salud del suelo (Bautista-Cruz *et al.,* 2004).

Cuando el suelo es capaz de cumplir sus funciones y brindar servicios ecosistémicos, es que cuenta con buena aireación (porosidad) y puede mantener la cantidad de agua suficiente para sus funciones, además tiene un buen almacenamiento de calor y poca resistencia mecánica al crecimiento radical, entonces se le considera saludable y de buena calidad (Bünemann *et al*., 2018).

Mantener la salud del suelo genera beneficios a otros servicios ecosistémicos, como la producción y regulación del agua, considerada un recurso básico y necesario para los organismos vivos, de modo que ningún proceso metabólico ocurre sin su acción directa o indirecta. El ambiente natural y el socioeconómico resultan beneficiados cuando el suelo es utilizado de manera sustentable. Eso significa que se le puede aprovechar por largo tiempo, sin interrupción y sin debilitarlo, o al menos sin que pierda su potencial productivo y calidad (Geissert *et al.,* 2013), asignando racional y eficientemente los recursos sin degradarlos.

En las zonas de pastoreo se considera la sostenibilidad como la capacidad del ecosistema para suministrar, en el tiempo, productos pecuarios en volúmenes altos y estables, que sean además económicamente rentables y que no produzcan efectos negativos en el ambiente, a la vez deben conservar o mejorar los recursos naturales (Castro-Mogollón, 2013).

Formación del suelo y horizontes

El suelo es la conjunción de materiales orgánicos e inorgánicos, agua, compuestos gaseosos y organismos vivos, por ello se reconocen cinco factores denominados "formadores de suelo" que, aunque independientes, interactúan para la formación natural de suelo. Estos son: material original llamado roca madre, clima, relieve, organismos (flora y fauna) y tiempo. El clima y los organismos se consideran factores activos, porque su influencia puede observarse en poco tiempo, mientras que los otros se clasifican como pasivos ya que sus efectos no se observan directamente; sin embargo, todos son esenciales para determinar la dirección, velocidad

y duración de los procesos que crean y le dan forma al suelo. Esos procesos se agrupan en:

- De adición. Cuando hay aporte de hojarasca, residuos de animales y sedimentos.
- De pérdida. Cuando el exceso de lluvia ocasiona lavado, cuando el viento acarrea partículas y cuando compuestos orgánicos se evaporan.
- De translocación. Consiste en el movimiento ascendente o descendente de materiales a lo largo del perfil del suelo.
- De transformación. Cuando ocurren reacciones de oxidación, reducción, hidratación, etcétera.

La formación natural de suelo es un proceso largo, con duración de unas pocas decenas hasta cientos o miles de años, que además puede ser modificado por la erosión, los factores hidrológicos, el hombre y la contaminación. Durante la formación del suelo se van desarrollando, progresivamente, distintas capas denominadas horizontes, distinguibles entre sí por su ubicación, color y contenido de materia orgánica. Asimismo, se pueden consultar horizontes de diagnóstico para caracterizar los suelos (Blanquer *et al.,* 2010).

Los principales horizontes son: 1) Horizonte A. Es la capa superficial del suelo, blanda y de color oscuro, donde se encuentra la mayor cantidad de materia orgánica. Es la capa más fértil y ofrece las mejores condiciones para el crecimiento de las raíces. 2) Horizonte B. Es una capa de color amarillento, café o rojizo y más clara que el A, ahí se acumulan materiales como arcillas y compuestos de hierro y aluminio. Se forma bajo el horizonte A en aquellos suelos que han evolucionado bastante tiempo (cientos de años). 3) Horizonte C. Es la capa de roca madre en vías de transformación, de la cual se originó el suelo (Figura 2).

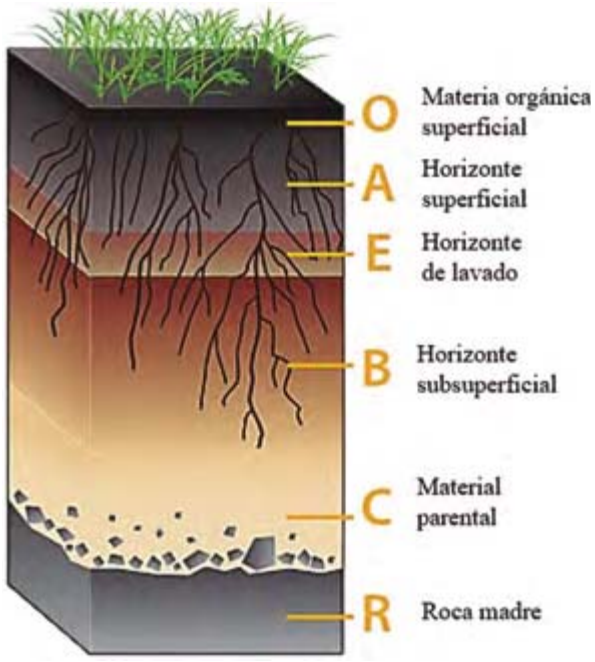

Figura 2. Horizontes del suelo. Muestra los horizontes más importantes del suelo. El horizonte E se da en suelos donde los materiales arcillosos, hierro y aluminio, han sido destruidos o lavados hacia capas más profundas (Fuente: Gardi et al., 2014).

Propiedades del suelo

Las propiedades físicas, químicas, mineralógicas y biológicas del suelo, están dadas por factores que determinan sus procesos de formación, así como por la presencia y actividad de los organismos vivos que lo habitan.

Entre las propiedades físicas (textura, color, humedad, densidad aparente y real, infiltración, porosidad, compactación y estructura), la textura (proporción de arena, arcilla y limo) es la que más afecta la retención de agua, porque determina la zona de contacto entre el agua y las partículas sólidas (Reichardt, 1985). Por lo tanto, los suelos arcillosos que tienen una mayor superficie específica tienden a retener más agua, en comparación con los suelos arenosos (Silva *et al.,* 2010). Sin embargo, suelos demasiado arcillosos se encharcan fácilmente y pueden presentar zonas sin oxígeno, por lo que una textura franco-arcillosa es la ideal; los suelos de textura fina son más susceptibles a la compactación que los de textura gruesa.

De la estructura del suelo dependen la porosidad, el grado de ventilación, el drenaje y la penetración de las raíces de las plantas. Los suelos de los pastizales tienen texturas variables de migajón arcilloso a migajón arenoso. En suelos inundables se deben usar pastos nativos ya que de manera natural están adaptados a esas condiciones.

La infiltración es el proceso físico que implica el movimiento del agua desde la superficie del suelo hasta el manto freático. La capacidad de infiltración del agua está relacionada con la porosidad (la cantidad de espacios libres que pueden ser ocupados por agua o aire dentro del suelo) y la permeabilidad (la capacidad del suelo para ser atravesado por líquidos). Al mismo tiempo, estos factores están determinados por la textura y la estructura del suelo, el contenido de humedad inicial, la composición y el hinchamiento de los minerales de arcilla, lo que puede hacer que se formen grietas (Gardi *et al.,* 2014).

La densidad aparente (DA: peso seco del suelo/volumen), está correlacionada con la porosidad y es la propiedad que nos indica la cantidad de poros y aire que contiene el suelo; entre más bajo es su valor más poroso es el suelo. La DA afecta al crecimiento de las plantas, ya que con un incremento de la densidad aparente la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo a disminuir, dichos cambios limitan el crecimiento de las raíces.

La densidad aparente de los suelos varía según la textura y estructura. La calidad estructural del suelo (porosidad, densidad aparente, estabilidad de agregados e infiltración de agua), es afectada por su uso y manejo (Lanzanova *et al*., 2007; Fidalski *et al*., 2008). La mejoría de la estructura del suelo promueve el aumento en la tasa de infiltración de agua, lo que contribuye a la disminución del escurrimiento superficial y de la erosión hídrica.

Entre las propiedades químicas del suelo se encuentran el pH, el contenido de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico, los cationes intercambiables y la materia orgánica del suelo. El pH es una medida de la acidez y alcalinidad de un suelo. La acidez natural depende del clima, de los minerales de la roca madre y de la materia orgánica (Geissert *et al*., 2013).

Los factores que influyen en la acidez natural de un suelo (volcánico) son la materia orgánica, la temperatura y la cantidad de lluvia que controlan la cantidad de lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. Los lixiviados son líquidos, por lo general acuosos, con sustancias disueltas y partículas en suspensión que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que contiene el suelo. Estos pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de él (NOM 083, SEMARNAT, 2003). La meteorización consiste en la fragmentación de la roca, lo que facilitará después el intemperismo químico de los minerales del suelo.

El pH afecta la disponibilidad de nutrientes, la actividad de sus microorganismos y la solubilidad de sus minerales. La actividad de los microorganismos del suelo es inhibida cuando el suelo es ácido en extremo; comúnmente valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos, incluidos los pastos. La mayor disponibilidad de nutrientes se presenta con un pH de 6.5; es importante tomar en cuenta el pH del suelo para elegir el pasto más adecuado.

Las braquiarias son los pastos que mejor se adaptan a suelos ácidos, como *Brachiaria dictyoneura*. Los pastos pangola (*Digitaria decumbens*) y estrella (*Cynodon plectostachyus*) toleran una condición media de acidez. Los suelos de ranchos ganaderos de la parte central del municipio de Xico, Veracruz, son moderadamente ácidos en su mayoría y en ellos una de las variedades dominantes es el pasto estrella.

La capacidad de intercambio catiónico es la cantidad total de cargas eléctricas negativas que están disponibles sobre la superficie de los minerales y de los componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas), en donde los cationes podrán ser retenidos o liberados. Muchos de esos cationes son nutrientes asimilables para las plantas. Un suelo arenoso y pobre en materia orgánica tiene baja capacidad de intercambio catiónico y baja habilidad de retener nutrientes, en cambio, un mayor contenido de materia orgánica aumenta la capacidad de intercambio catiónico.

Los elementos nutritivos del suelo que son esenciales para las plantas y se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, según las cantidades que las plantas usan. Son macronutrientes el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), porque la planta los usa en cantidades relativamente grandes, mientras que los micronutrientes son el hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (Bo), molibdeno (Mo), cobre (Cu), zinc (Zn) y cloro (Cl), que son los elementos que la planta usa en cantidades pequeñas.

Los nutrientes pueden existir en forma no asimilable por la planta, asimilable o intercambiable y también en solución, que es la forma más asimilable por las raíces; cuando no son asimilables es porque están combinados o adsorbidos con algún compuesto del suelo que impide que la planta los absorba y requieren de un proceso de mineralización para hacerlos asimilables. Los elementos que más se conocen, por su importancia en la fertilidad del suelo y que la planta necesita para sobrevivir, son aquellos que se usan en los fertilizantes comerciales (N, P, K) ya que a veces son pobres o se encuentran no disponibles en el suelo.

El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetativo de la planta, su deficiencia se manifiesta con un color verde claro o amarillo en las hojas. El fósforo es importante para el crecimiento de las raíces, para la floración y para el desarrollo del fruto; la deficiencia en fósforo se puede manifestar mediante manchas irregulares en las hojas, rojizas o café-rojizas y por el mal desarrollo de las raíces. El potasio proporciona resistencia contra las enfermedades, las heladas y la falta de agua. El magnesio estimula el desarrollo de microorganismos favorables del suelo. Los niveles individuales de estos elementos son importantes, pero también lo es la relación entre ellos.

La materia orgánica incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo, así como sustancias producidas por los organismos del suelo (Bornemisza, 1982). Durante el proceso de descomposición de la materia orgánica se llevan a cabo dos subprocesos, la mineralización y la humificación, que son fundamentales en la formación del suelo, el ciclaje de nutrientes y la producción primaria (Figura 3).

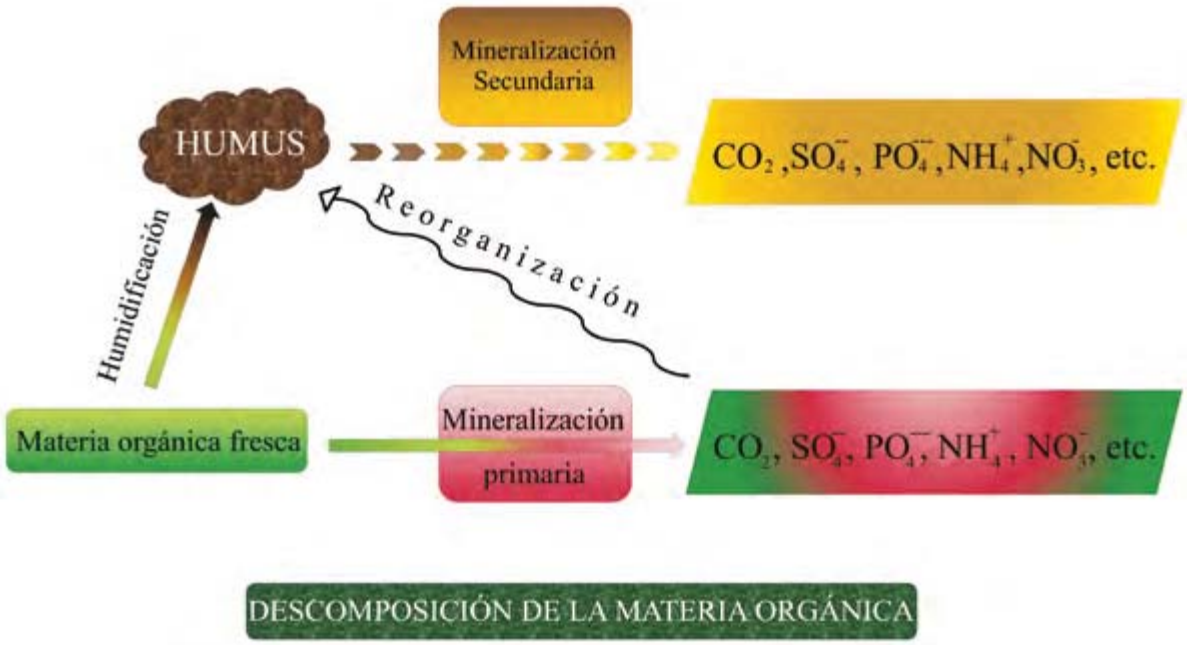

Figura 3. El proceso de descomposición de la materia orgánica, mostrando la humificación y mineralización (Fuente: modificado de Duchaufour, 1988).

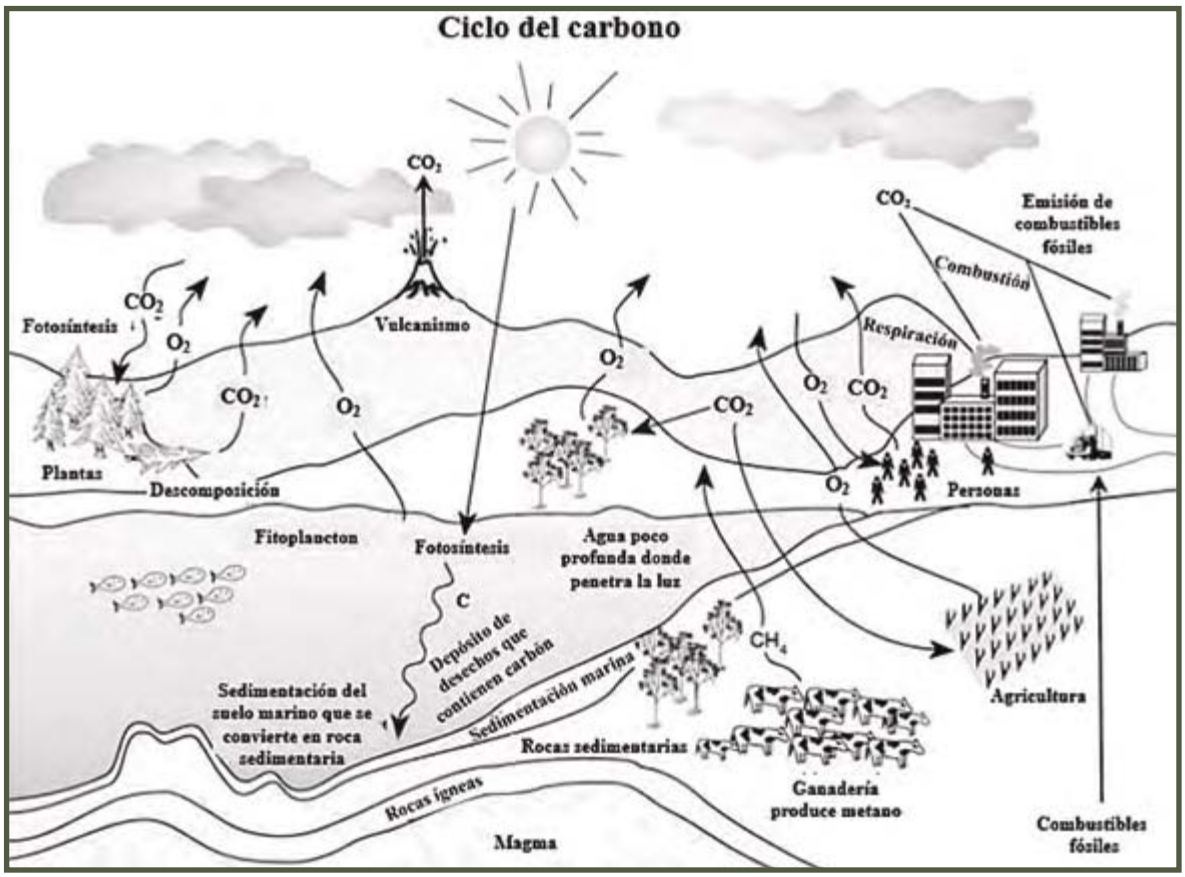

Figura 4. El ciclo del carbono (Fuente: Cseke et al., 2013).

La mineralización es la transformación de compuestos orgánicos en inorgánicos, que generalmente son minerales solubles o gaseosos que pueden liberarse a la atmósfera (Loayza de la Torre, 2012). La humificación es la estabilización y formación de la materia orgánica del suelo en humus (Cotrufo *et al.,* 2013). La materia orgánica está esencialmente constituida de carbono.

Se pueden encontrar dos formas básicas de carbono (C) en el suelo: inorgánico y orgánico. El primero se da a partir del proceso de mineralización o en forma de carbonatos. El carbono orgánico es un componente importante en el ciclo del carbono (Figura 4) ya que representa 69.8% del carbono orgánico de la biósfera (Martínez *et al*., 2008). Cuando se estima en el perfil del suelo la cantidad total de carbono y se extrapola a nivel del planeta, se calcula que equivale a 80% del C terrestre (Nielsen *et al*., 2011). Por lo tanto, el suelo puede actuar como fuente o reservorio de carbono, dependiendo de las actividades de manejo (Lal, 2008; Lal *et al.*, 2015).

Se ha prestado mucha atención hacia el secuestro de carbono por la vegetación, pero se habla mucho menos del carbono en el suelo. Una contribución importante para abatir el aumento de CO_2 en la atmósfera es incrementar los reservo-

rios de carbono edáfico, el cual tiene tiempos medios de residencia, más prolongados y variables que la vegetación.

Por otra parte, la materia orgánica tiene un gran efecto sobre las propiedades físicas del suelo, ya que aumenta la capacidad calórica y reduce las oscilaciones térmicas (Geissert *et al*., 2013), protege del sol y del viento y evita el impacto directo de las gotas de agua; favorece la formación de agregados y la infiltración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Además, aumenta la capacidad del suelo para retener y proporcionar nutrientes minerales como el fósforo, azufre y nitrógeno, sin los cuales las plantas no sobreviven, por lo tanto, la materia orgánica define la fertilidad y la estabilidad del suelo. La materia orgánica del suelo regula el pH y aumenta la capacidad de intercambio catiónico. La pérdida de C derivada del cambio de uso del suelo para actividades productivas con manejos inadecuados disminuye las concentraciones de materia orgánica y, por lo tanto, de carbono orgánico, siendo la tasa de pérdida de humus mayor a su tasa de formación (Sandoval-Estrada *et al*., 2003).

La humedad y la temperatura afectan los niveles de materia orgánica. Mucha lluvia y temperaturas altas promueven el rápido crecimiento de las plantas, pero estas condiciones también son favorables a la descomposición y pérdida de materia orgánica. Por el contrario, poca lluvia y bajas temperaturas disminuyen la rapidez del crecimiento de las plantas y la descomposición de la materia orgánica.

Desde un punto de vista biológico, la materia orgánica favorece la respiración, la salud de las raíces y la germinación de semillas, regula la actividad micro y macrobiológica del suelo, se transforma en una de las principales fuentes energéticas para microorganismos heterótrofos, modifica e incrementa la actividad enzimática, mejora la nutrición y la disponibilidad de los minerales para los cultivos, favorece la biodegradación de muchas sustancias tóxicas presentes en los suelos y aumenta la digestión biológica del suelo (Restrepo, 2000).

Un indicador de la cantidad de materia orgánica y de la capacidad de drenaje del suelo es su color. Los suelos negros contienen grandes cantidades de materia orgánica y buen drenaje. Los de colores de la gama del café, amarillo y rojo tienen cantidades medias de materia orgánica, por la presencia de oxígeno (proceso de oxidación del hierro en sus diferentes etapas) y suelen tener buen drenaje y aireación, pero si es lo contrario, los suelos tienen colores en una gama de grises, azulados y con manchas, debido a los procesos de reducción por falta de oxígeno, y en relación a la materia orgánica se puede acumular en ambos casos.

Utilizar las propiedades del suelo como indicadores de la provisión de los servicios ecosistémicos, es una aproximación reciente para evaluar la condición del ambiente y diagnosticar las causas que determinan problemas ambientales, pudiendo ser ciertos manejos de la tierra (Cairns Junior *et al.,* 1993). Así, el conocimiento de las propiedades de los suelos apoya en la planeación, la toma de decisiones, el manejo y las soluciones de problemas inherentes a su utilización (Resende *et al.,* 2007), para ello se requiere hacer muestreos y análisis de suelos (ver Anexo 1).

Biodiversidad y funciones de los organismos del suelo

La descomposición y la gran mayoría de los procesos que se llevan a cabo en el suelo, son impulsados y desarrollados por los organismos del suelo. Las plantas y la calidad de la hojarasca promoverán un tipo de suelo y de materia orgánica.

La biodiversidad del suelo es muy amplia ya que en él se encuentran 25% de las especies de nuestro planeta (Gardi *et al*., 2014). El tamaño de los organismos va desde los microscópicos hasta los vertebrados que viven en madrigueras, pasando por los ácaros y nematodos que conforman la mesofauna, cuyo tamaño va desde 0.2 hasta 2 mm y la macrofauna (de 2 mm hasta 20 cm), como las lombrices, los cien y mil pies, las gallinas ciegas y escarabajos como los del estiércol (Figura 5). En unos gramos de suelo se pueden encontrar desde unos miles hasta 100 millones de genomas bacterianos o de hongos (Nielsen *et al.,* 2011). En un metro cuadrado de terreno puede haber miles de nematodos, ácaros y colémbolos (más de 30 especies); 50 a 100 especies de insectos y de cinco a 10 especies de lombrices (Barois *et al*., 2011; Dance, 2008).

Figura 5. Biodiversidad del suelo en un pastizal. Se ilustran las diferentes escalas de suelo y tamaños de organismos (Imagen: Sara Rivera-Gasperín).

Por el papel que desempeñan en el suelo los organismos se han agrupado en grupos funcionales. Los microorganismos son los principales descomponedores de la materia orgánica y responsables del ciclaje de los nutrientes ya que son los únicos con la capacidad enzimática para hacerlo. Además, microorganismos como las bacterias fijadoras y los hongos micorrízicos tienen interacciones positivas o simbiosis con las raíces, casi siempre para facilitar la captura de nitrógeno o fósforo mineral asimilable para las plantas; también la mayoría de la fauna tiene interacciones con los microorganismos para poder digerir la materia orgánica del suelo (Lavelle *et al*., 1995).

En el suelo se dan redes alimenticias complejas, la mesofauna y la macrofauna son transformadoras de la hojarasca al triturarla para dar más superficie de acceso a los microorganismos. Además, dentro de la macrofauna se encuentran los llamados "ingenieros" del ecosistema, que son quienes mantienen la estructura del suelo por los agregados que forman con sus excretas y las galerías que construyen, también son ingenieros del ecosistema las raíces y los hongos, por los canales que forman y los exudados o glomalina que producen y que contribuyen a la formación de agregados (Brussaard, 2012).

El mantenimiento de la biodiversidad del suelo es importante para controlar las enfermedades y las plagas. A pesar de la gran biodiversidad del suelo hay grupos clave, como las lombrices, las hormigas, los escarabajos y las raíces, importantes para el funcionamiento de los ecosistemas; si estos grupos se pierden el sistema se degrada.

Las funciones primarias de los escarabajos estercoleros se relacionan con la reducción de materiales en proceso de descomposición (excretas, carroña, detritus, frutos y hongos; Halffter y Matthews, 1966). A través de su actividad de remoción y enterramiento de estiércol, durante su alimentación y nidificación, facilitan la infiltración del agua por medio de las galerías que realizan y porque la materia orgánica del suelo también aumenta, entre 2 y 4%. Con esto se mejora la fertilidad y aireación del suelo, a la vez que se reduce su compactación, mejorando así el rendimiento del pasto (Gillard, 1967). Está comprobado que el estiércol, sin intervención de escarabajos, puede reducir de manera significativa la velocidad de infiltración del agua en el suelo y hacer que el estiércol permanezca en la superficie del suelo por meses o incluso años (Lumaret y Kadiri, 1995; Errouissi *et al*., 2004).

La eliminación del estiércol por los escarabajos estercoleros ayuda a reducir la pérdida de nitrógeno, facilitando su absorción por las plantas y reduciendo su pérdida por evaporación (Fincher *et al.,* 1981). En los pastizales ganaderos estos escarabajos ayudan a incrementar la humedad y el almacenamiento de nutrientes en el suelo, remueven la tierra, mejoran las características químicas y permeabilidad del suelo e incrementan la productividad de las plantas que ahí se desarrollan (Fincher *et al*., 1981; Bang *et al*., 2005; Yamada *et al*., 2007).

En suelos de Paso de Ovejas, Veracruz, trabajados por escarabajos del estiércol, el pasto creció casi el doble que el de tierra sin actividad de escarabajos (Mares-Molina, 2018). Estos organismos pueden ser afectados negativamente en su diversidad y en sus funciones ecológicas y reproductivas, como en su capacidad de remover el excremento y la supervivencia de las crías, todo como resultado de las prácticas de manejo ganadero, sobre todo por el uso de diversas sustancias veterinarias y agroquímicas que son aplicadas sin el adecuado control (para más información ver capítulo "Ganadería extensiva: desparasitantes y agroquímicos sobre la fauna del suelo", en este mismo libro).

En el estado de Veracruz se ha observado que las excretas de las larvas del escarabajo cetonino *Paragymnetis flavomarginata sallei,* son buenas mejoradoras de suelos. La mayoría de los nutrientes contenidos en el sustrato en el que se desarrollan estos insectos, bajo condiciones de cría artificial, se conservan e incluso la concentración de algunos de ellos se incrementa, como el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, carbono y la materia orgánica (sobre todo, la fracción de ácidos húmicos y fúlvicos). Especies de melolóntidos mexicanos como *Phyllophaga setifera* y *Cyclocephala barrerai*, tienen efectos positivos en la mineralización de la materia orgánica y se les ha comparado con los efectos que tiene la lombriz *Pontoscolex corethrurus* ya que ambos organismos pueden incrementar la tasa de respiración del suelo y tienen un efecto en la disminución de su pH (Romero-López *et al.,* 2010).

Los suelos de los pastizales

Los pastizales, referidos como las comunidades dominadas por gramíneas, tienden a recubrir el suelo, por lo que proporcionan un hábitat estable y permanente para diversos invertebrados y microorganismos. Las propiedades físicas y químicas de los suelos, que resultan en su fertilidad, humedad y compactación, afectan el crecimiento, la calidad y persistencia de los pastos. El relieve, la altitud, la retención del agua y el drenaje determinan la especie de pasturas y forraje más apropiado para el terreno.

Los pastizales tienen una alta tasa de recambio de la biomasa por los brotes y los exudados de las raíces, lo que resulta en un reservorio de carbono lábil en los primeros centímetros del suelo. Según Whipps (1990) 35 a 80% del carbono lábil neto fijado en el pastizal perenne es transferido al suelo. Los pastos depositan carbono por sus raíces muertas o exudados y pueden permitir un alto grado de almacenamiento o "secuestro" de carbono. Las raíces en los pastizales conforman un continuo y según la diversidad de especies tienen diferentes conformaciones (Figura 6).

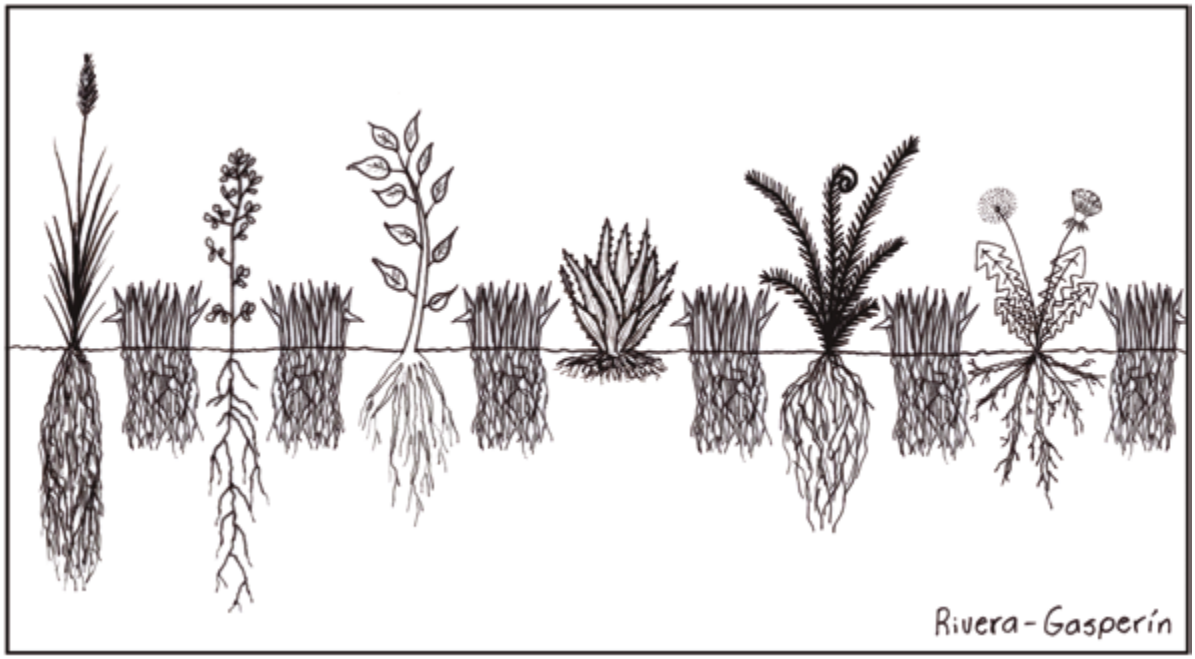

Figura 6. Raíces homogéneas y otras más diversas de pastizales (Imagen: Sara Rivera Gasperín).

En este sentido, las tierras de pastoreo juegan un papel importante en el secuestro de carbono ya que los pastizales contribuyen a mitigar el cambio climático global, al almacenar C en su biomasa y por el aporte de materia orgánica que se incorpora al suelo como parte del ciclo del carbono (Conant *et al*., 2005). No obstante, se han efectuado pocas investigaciones sobre especies subtropicales de pastos como potenciales promotores para aumentar las reservas de C en el suelo y son menos aún los que evalúan el efecto de manejo sobre el mismo suelo ya que tienen por lo general una entrada regular y sustancial de carbono y nutrientes mediante el estiércol y orina del ganado (Murray *et al.,* 2012).

Según datos de Lal *et al.* (2015), las tierras de pastoreo ocupan 3,200 millones de hectáreas y almacenan entre 200 y 420 miles de millones de Megagramos (un millón de gramos) o toneladas de C a nivel mundial, gran parte debajo de la superficie y en un estado relativamente estable. El carbono del suelo en tierras de pastoreo es estimado en 70 t/ha, cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales (Trumbmore *et al*., 1995). En pastizales de la zona centro de Veracruz (La Concepción), los autores de esta contribución hemos encontrado un secuestro de carbono promedio de 65 t/ha.

Es importante que en los pastizales se conserven árboles, ya que mejoran las condiciones del suelo y favorecen el bienestar del ganado. En un trabajo realizado por Torres-Rivera (2014), en tres subcuencas (llanura costera, lomerío y sierra) del río La Antigua, Veracruz, se estudió el efecto del arbolado en algunas propiedades físicas y en la fertilidad del suelo de potreros arbolados, respecto a potreros convencionales sin árboles y remanentes de bosque o selva, para la estación seca del año. En general, los suelos de remanentes de bosque tuvieron mayor cantidad de materia orgánica y elementos minerales asimilables que los dedicados a la ganadería. Entre estos, fue mayor en los de potreros arbolados respecto a potreros convencionales sin árboles. Bajo la copa y sobre todo en la zona de goteo de los potreros arbolados, el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio fue mayor respecto a los potreros sin árboles, disminuyendo conforme la muestra se tomó a mayor distancia del árbol. La menor compactación promedio se registró en remanentes de bosque, seguida de potreros sin árboles y potreros arbolados. En sistemas silvopastoriles de *Leucaena leu-*

cocephala (guaje) ubicados en La Concepción, Veracruz, se ha encontrado un secuestro de carbono promedio de 134 t/ha en el suelo.

La presencia de árboles y el manejo de los ranchos ganaderos generan diferencias en la diversidad de su macrofauna del suelo. En Xico, Veracruz, Huerta *et al.* (2016) encontraron 16 especies de escarabajos estercoleros. A pesar de que se esperaba encontrar mayor cantidad de especies de escarabajos y una alta cantidad de individuos de cada especie en los bosques, fue en el cafetal con sombra y en los ranchos con manejo rústico (que tienen menos de 25 cabezas, aplicaciones poco frecuentes de agroquímicos, chapeo y árboles aislados en los potreros), donde se presentaron más especies.

Las condiciones ambientales que caracterizan al cafetal sombreado permiten la presencia de especies de escarabajos que prefieren vivir en zonas arboladas y otras especies de zonas abiertas. En contraste, en los ranchos ganaderos tecnificados (con manejo contrastante con respecto a los rústicos), se encontró sólo 50% de las especies que se registraron en los cafetales, algunas de ellas muy abundantes y asociadas a zonas abiertas, donde encuentran el estiércol del ganado bovino presente en la zona. Cabe mencionar que estos suelos son andosoles con una buena infiltración de agua y los propietarios, tanto de ranchos rústicos como de ranchos tecnificados, conservan árboles en los bordes de sus manantiales.

En pastizales de Plan de las Hayas, Veracruz, la población de lombrices de tierra, de la especie exótica *Pontoscolex corethrurus,* era de más de 300 mil individuos en una hectárea y se estimó que esa población ingería 400 toneladas de suelo por año (Lavelle *et al*., 1987), lo cual impacta en la dinámica de la materia orgánica del suelo, su agregación y en su disponibilidad de nutrientes.

En general, las especies nativas de lombrices promueven mayor disponibilidad de nutrientes en sus excretas (K, Na, Mg, Mn, Fe, K y NH_4) que las especies exóticas. Hernández-Castellanos *et al.* (2010) encontraron que, en lombrices provenientes de un mismo pastizal, en Medellín, Veracruz, que hubo mayor concentración de la mayoría de esos nutrientes en las excretas de una especie nativa que en las de *P. corethrurus* (una especie exótica).

Es notable que la macrofauna de los pastizales y de los bosques aledaños puede ser muy diferente. Los bosques llegan a tener mayor abundancia de escarabajos, termitas, ciempiés y milpiés. En cambio, la presencia de lombrices de tierra es muy baja, esto se ha observado en otros bosques mesófilos (Fragoso y Rojas, 2014).

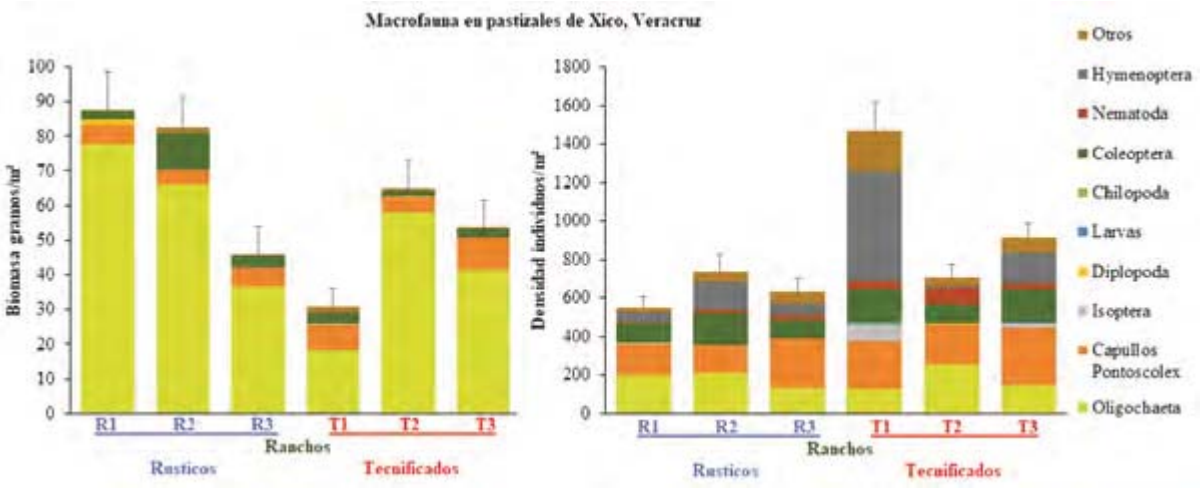

Figura 7. Biomasa y densidad total de los individuos de macrofauna del suelo encontrados en pastizales de seis diferentes ranchos, en Xico, Veracruz. R: manejados de manera rústica, T: tecnificados.

Por otra parte, en un estudio comparativo entre ranchos rústicos (R) y tecnificados (T) de Xico, Veracruz, Cruz-Martínez (2017) observó que en un rancho rústico con manejo de aportes orgánicos y diversidad de herbáceas (R1) se presenta la mayor cantidad de grupos de macrofauna y, tanto en ese rancho como en otro con manejo rústico o más amigable con el ambiente (R2), se presentó la mayor biomasa de macrofauna debido sobre todo a la presencia de la lombriz *P. corethrurus* (Figura 7). Sin embargo, en un rancho de manejo rústico (R3) pero que tiene un manejo sin aporte de materia orgánica, se presentó una baja biomasa de macrofauna y el contenido de carbono en su suelo fue muy bajo 3% (Cuadro 1); eso se debe a que se ha usado desde hace muchos años ese pastizal, pero no se le ha hecho ninguna práctica para regresarle los nutrientes que se extraen. En cambio, los pastizales tecnificados (T1 y T3) tienen valores altos de contenido de materia orgánica, aunque su biomasa de macrofauna no es tan alta pero su densidad sí, lo que indica que estos pastizales, por su manejo, tienen menos lombrices a favor de grupos oportunistas de hormigas que en un momento se pueden volver una plaga. Cabe mencionar que en estos pastizales de Xico, tanto en los rústicos como en los tecnificados, los valores de densidad aparente del suelo muestran que los suelos no están compactados.

Un aspecto que también puede provocar diferencias en la macrofauna del suelo de los pastizales es el origen de las pasturas. Brown *et al.* (2004) mostraron que la conversión de pasturas nativas a introducidas puede alterar de forma significativa la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados que viven en el suelo. Encontraron que la macrofauna en pastizales de Veracruz, con pastos nativos dominantes o gramas de los géneros *Paspalum* (zacate) y *Sporobolus* (zacate de agua), era diferente de la macrofauna de los pastos introducidos como el pangola, el pasto estrella africana o tumba viejos y pasto sabanero (*Antropogon gayanu*s). En las lombrices se ha observado una tendencia interesante ya que se han encontrado más especies (en promedio) en pasturas nativas (cuatro especies) que en pasturas introducidas (dos especies). Además, las tasas de invasión por especies exóticas son lentas o de escaso reemplazo.

En general, el implante de pastizales aumenta la biomasa de lombrices, superando incluso la encontrada en la vegetación original y dentro de los pastizales la biomasa de la macrofauna es un 90% debida a las lombrices del suelo (Brown *et al.,* 2001).

En los pastizales, en general, hay un alto porcentaje de mojones o plastas de estiércol vacuno en los manejos ganaderos convencionales (bajas cargas en áreas grandes). Ese estiércol se seca y momifica por agentes ambientales como el sol y el aire; sin embargo, si se favorece la actividad de macroorganismos del suelo como las lombrices, las hormigas y los escarabajos estercoleros, los mojones se humifican y se estimula la actividad de microorganismos del suelo, se aumenta el

Cuadro 1. *Características fisicoquímicas del suelo de los pastizales de Xico, Veracruz.*

Ranchos	pH	D.A g/cm^3	C %	N %	C/N	mo %	P03 disp	Na	K	Ca	Mg mg/Kg	CICT	AC	Al
T1	5.0	0.708	7	0.6	11	11	1.3	1.3	0.6	4.5	1	17	0.2	0.2
T2	5.0	0.763	8	0.7	12	14	1.2	1.7	0.9	4.7	1.8	22	0.3	0.3
T3	4.8	0.681	11	0.8	14	19	ND	0.8	0.4	2.3	0.5	15	0.7	0.5
R1	4.0	0.845	12	0.8	15	21	ND	0.5	0.2	1	0.3	12	0.7	0.6
R2	5.0	0.801	7	0.6	11	12	6	1	0.9	5	1.3	15	0.3	0.3
R3	5.0	0.769	3	0.3	10	7	4	0.7	0.4	0.9	0.3	9	1.5	1

T: tecnificados: más de 7 equipos, más de 30 cabezas, ordeñadora automática, 10-30 divisiones, desparasitación 1-4 veces/año, aplicación frecuente de insecticidas (4-12 veces/año), herbicidas (1 vez/año), 1-2 especies de árboles en sus potreros. R: rústicos: 1-3 equipos, menos de 25 cabezas, ordeña manual, 0-9 divisiones, chapeo, desparasita 0-2 veces/año, aplica insecticidas de 0-2 veces/año, tiene más de dos especies de árboles en sus potreros. Ver clasificación de ranchos en Cruz-Rosales *et al.* (2016).

secuestro de carbono en el suelo y se recupera, mejora e incrementa gradualmente su fertilidad.

Hoy se ha entendido que para manejar adecuadamente los suelos se debe conservar y proteger a la vegetación ya que estos son dos elementos del sistema natural interdependientes y, si hacemos mal uso de uno de esos recursos habrá destrucción del otro. El suelo y demás elementos del ambiente natural, como también el ambiente socioeconómico resultan beneficiados cuando éste es administrado de manera sustentable; el buen manejo produce cultivos y animales que son más saludables, menos susceptibles a enfermedades y más productivos, con un consecuente aumento en los ingresos y mejoramiento del nivel de vida de los productores (Gardi *et al.*, 2014).

Prácticas ganaderas y suelo

Reflexionemos. Cada propiedad ganadera es única y cada propietario tiene ciertas necesidades o requerimientos para disfrutar de una mejor calidad de vida. Cada explotación ganadera tiene un objetivo diferente (leche, ganado en pie, doble propósito, etc.); se trata de historias y características particulares. Entonces, para ofrecer propuestas tecnológicas de carácter sostenible, aplicables en las diversas zonas del trópico y que mantengan un suelo sano, se debe conocer su historia natural y social. En esta contribución no daremos recetas ni fórmulas, sino información de apoyo; no incluiremos citas bibliográficas, solo al final algunos textos de consulta (Anexo 1).

Aquí trataremos de ver a la ganadería y a las propias vacas, con una mirada contrastante; donde la vaca puede ser una villana degradadora del suelo y de los ecosistemas naturales o una regeneradora de esos suelos y agroecosistemas, todo dependiente de las decisiones de los productores, tanto de las prácticas que realizarán como de las decisiones de todos los involucrados en las cadenas productivas asociadas al ganado bovino.

Los manejos convencionales

En México, una característica común de la mayoría de los agostaderos (tierras con vegetación natural intervenida para producir forraje para el ganado) es su avanzado estado de degradación, tanto de la vegetación como del suelo, derivados del sobrepastoreo al que han sido sometidos. Se habla de un pastoreo excesivo en cuanto a número de animales y periodo de tiempo, de tal manera que con tal manejo el agroecosistema es incapaz de recobrar y mantener su vegetación y capacidad productiva. Otro de los efectos del sobrepastoreo es la presión ejercida por la pezuña del animal sobre la superficie ya que modifica las propiedades físicas del suelo. El efecto del pisoteo varía según la especie y peso del animal, el tiempo de permanencia, la cantidad de animales por superficie, el tipo de suelo y el estado hídrico del mismo; cuando el contenido hídrico del suelo es elevado, el impacto de la pezuña provoca la disminución volumétrica y la deformación de su superficie.

Intensidades de tres a cuatro unidades de ganado mayor (UGM) por hectárea pueden aumentar significativamente la escorrentía y la pérdida de suelo superficial y reducir la infiltración y el aprovechamiento del agua de lluvia, sin importar la cantidad de agua que caiga, en contraste con intensidades entre 0.6 UGM y 1.8 UGM/ha. Una unidad de ganado mayor (UGM) corresponde a una vaca de 450-500 kilos con su cría.

El tiempo de pastoreo en el potrero es el tiempo, en días u horas, durante el cual el potrero es pastoreado por un grupo de animales. El tiempo de pastoreo, en un manejo convencional, depende de varios factores: 1) El tipo de pasto: el pasto de macollo no debe bajar a menos de 25 a 30 centímetros; el pasto rastrero puede dejarse más bajo, a 10 a 15 centímetros de altura. 2) El clima: entre más seco sea el tiempo menos deben ser los días de ocupación o pastoreo. 3) El tiempo de descanso o de reposo: es el tiempo que se le va a dar al potrero entre dos pastoreos; a mayor descanso más recuperación y consumo. El momento óptimo para introducir animales a una pradera es al inicio de la floración.

Siempre se debe dejar suficiente follaje para una rápida recuperación del pasto. Cuando las vacas tienen completa libertad para seleccionar lo que quieren comer y/o rechazar, lo que no desean consumir (lo cual es común en pastoreo libre o continuo, en pastoreo alterno y en pastoreo extensivo rotacional), tal selectividad y baja presión de pastoreo da como resultado un sobrepastoreo o subpastoreo, como se puede observar en la figura 8.

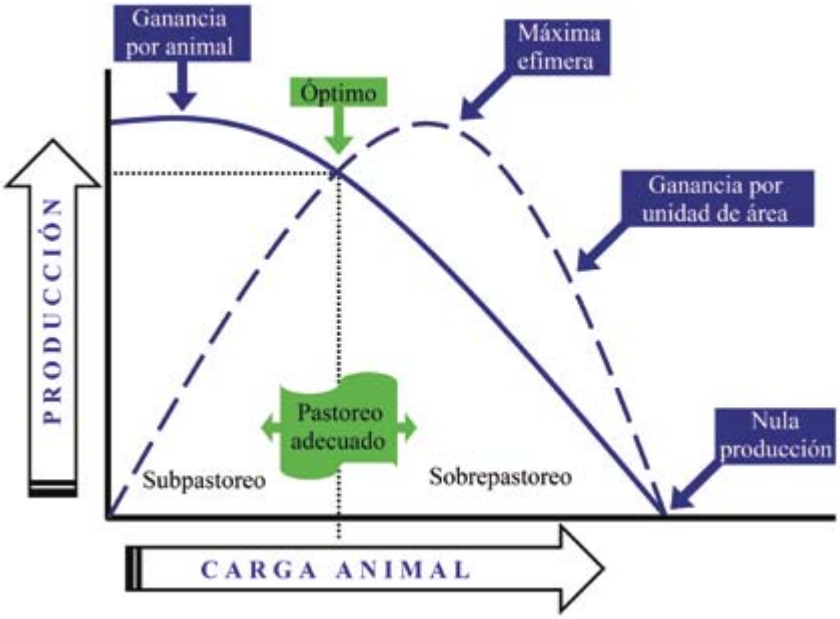

Figura 8. Relación entre carga animal y producción de forraje. La curva representada con una línea negra continua muestra la relación entre carga animal y producción, con su ganancia en sistemas extensivos manejados de manera sostenida en el tiempo. La línea punteada representa la caída en la ganancia por unidad animal al pasar el umbral de sobrepastoreo (Fuente: modificado de Mott, 1960.)

Cuando los pastos son sobrepastoreados disminuye su capacidad de producir energía, así como el volumen y la profundidad de sus raíces. Por medio de sus hojas producen energía, que es tomada del sol y almacenada durante el invierno en la parte baja del tallo y las raíces. En la época seca, cuando el pasto no tiene hojas, utiliza esas reservas para poder rebrotar. Cuando vuelven a crecer sus hojas la planta comienza a producir energía para seguir creciendo y almacenarla nuevamente, para el ciclo siguiente.

A medida que el pasto se pone más viejo, el ganado lo come menos. Si el ganado se come el pasto antes de que pueda almacenar suficiente energía para el nuevo ciclo, su crecimiento inicial puede ser reducido y con poco follaje. Las plantas con pocas hojas pierden la capacidad de competir por luz, agua y nutrientes con las plantas enteras. Las especies más consumidas por el ganado van decreciendo en importancia y proliferan las que el ganado no se come, facilitando la invasión de las malezas. De tal forma que con el paso del tiempo la pastura va quedando más expuesta a la acción de la radiación solar, la fuerza de los vientos y el impacto de las lluvias, con un consecuente desgaste que la degrada.

Una de las prácticas más usadas para restaurar el pasto (con la frecuencia que elige el propietario según sus necesidades) es el arado. Cuando la producción de forraje no se mantiene uniforme durante todo el año, debido a las condiciones climáticas propias de las zonas productivas (periodos de frío y/o sequía) y existe

Figura 9. Pastizal de la región de Teocelo, Veracruz, con suelo erosionado (cárcavas). Proceso de formación de cárcavas por solifluxión, más allá de la erosión (Foto: Isabel Barois).

la necesidad de contar con otras fuentes de alimentación que sirvan de apoyo durante las épocas críticas de escasez forrajera (siembra de maíz, avena, alfalfa), se utiliza esta práctica.

El arado, al romper el suelo, permite un aireamiento abundante y profundo, de modo que las raíces tengan más espacio para desarrollarse y el agua pueda circular libremente. Sin embargo, resulta inapropiado usarlo con frecuencia y de manera sostenida en el tiempo ya que forma una capa dura en el suelo, a unos 40 cm de la superficie. Los impactos negativos de esta capa son el aumento en la resistencia mecánica, disminución en la porosidad total y riesgo de erosión por escorrentías.

Las modificaciones producidas por la compactación pueden generar procesos de pérdida de cobertura, alteraciones de los hábitats del suelo y reducción de la actividad biológica de la flora y la fauna. La suma de todo eso genera pérdida de capacidad productiva del suelo y dificulta la implantación, desarrollo y persistencia de las especies forrajeras. Además, en suelos con pendiente, la cantidad de suelo erosionado o removido se incrementa. El gran volumen de suelo removido (flujo de suelo), cada vez que se prepara el terreno con el arado de discos, provoca el continuo arrastre de suelo de las partes altas de las laderas hacia las partes bajas, ocasionando la reducción y desaparición de la capa arable del suelo de las partes altas.

Al romper el suelo se pulverizan sus agregados y las comunidades de hongos y bacterias, mientras que el oxígeno entra en exceso creando un incremento en la respiración y liberación de dióxido de carbono. Ésta puede ser una de las prácticas agrícolas más degradantes, incrementando fuertemente la erosión del suelo y la pérdida de carbono (Figura 9). Las plantas que se cultivan en ese suelo no se pueden nutrir de forma correcta y se pierde la capa fértil del suelo por erosión causada por el viento o el agua. Además, cuando se utiliza el arado, los microorganismos que estaban en capas inferiores del suelo y que quedan expuestos directamente al sol se mueren, también la tierra que estaba húmeda y tenía materia orgánica empieza a perder vida y se reseca.

Tras el arado se aplican fertilizantes sintéticos para aportar una gran cantidad de nutrientes solubles al pasto y obtener pasturas altas y abundantes en corto tiempo (acelerar su rebrote). Hay que aplicar con precaución esos fertilizantes ya que esta práctica, cuando se realiza frecuentemente y de manera sostenida en el tiempo puede provocar concentraciones excesivas de nitratos en el suelo y en el agua freática.

El uso del fuego es una práctica común que permite la liberación de nutrimentos como fósforo, potasio y a veces calcio y magnesio, además puede elevar el pH, sobre todo en los dos primeros centímetros. También

detiene en forma temporal el desarrollo de las malezas, seleccionando a las especies tolerantes y limitando la competencia. La quema evita la acumulación excesiva de detritus orgánico que podría facilitar el desarrollo de incendios de más intensidad y con mayor frecuencia y extensión.

A pesar de los beneficios inmediatos que en un principio puede generar esta práctica, también puede causar efectos dañinos e irreversibles al suelo. Se considera que esos efectos negativos sobre el suelo no ocurren por el simple hecho de provocar fuego, sino que sobrevienen con el aumento en la frecuencia y magnitud de la quema.

El aumento de temperatura durante la quema puede conducir a la pérdida de nutrientes en las primeras capas del suelo. Después de tres a cuatro años, la quema de residuos y laboreo puede provocar una caída del carbono orgánico (CO) de 2.5 ton/ha en los primeros 5 cm de suelo. Por otro lado, el pH del suelo sufre un ligero y progresivo aumento, ligado a la disponibilidad inmediata de cationes en la ceniza. Como la materia orgánica ha quedado reducida a cenizas, con el tiempo las poblaciones de microorganismos y su actividad se reducen considerablemente. También las propiedades físicas del suelo sufren ciertos cambios importantes, sobre todo en la capa superior. Así, debido a la ausencia o la pérdida de nutrientes, el suelo se vuelve cada vez más infértil y surge entonces la necesidad de introducir nuevos insumos a los ranchos.

En sitios con suelos ácidos se hace uso de encalado para mejorar los valores del pH. Sin embargo, no se debe abusar del encalado porque a la larga se consume o se quema la materia orgánica y los organismos del suelo mueren.

Por otra parte, en aquellos sitios con menos de 15% de plantas útiles para el consumo se recurre a la resiembra de gramíneas y al establecimiento de arbustivas forrajeras. Si se realiza previamente una limpia selectiva de especies vegetales, eliminando las plantas indeseables (que no se come el ganado o que son tóxicas) y los deshierbes son mal ejecutados, cortando raíces finas, hay una pérdida de la capacidad de asimilación de nutrientes de la planta, misma que queda sensibilizada y entonces los ataques por plagas, como hongos e insectos, son bastante comunes.

Por otro lado, si se utilizan herbicidas, su uso constante deja el suelo cubierto de una lama verde que no permite la infiltración del agua. En potreros con empleo inadecuado de agroquímicos (herbicidas, desparasitantes, insecticidas y fungicidas) las poblaciones de la macrofauna han descendido y pudieran desaparecer totalmente si esas prácticas se mantienen en el tiempo; al hablar de uso inadecuado nos referimos a no respetar las cantidades indicadas por el fabricante y a una aplicación frecuente y sostenida en el tiempo.

Cuando se pierde el equilibrio natural del suelo, los organismos malos o plagas se desarrollan ampliamente, porque sus enemigos naturales ya no existen o sus efectos benéficos son impedidos. Además, los agroquímicos provocan modificaciones en el metabolismo de las plantas, conduciendo a un enrique-

Figura 10. Hato de bovinos en la región huasteca veracruzana en la época de lluvias. Nótese la pobre condición del ganado, la escasez de pasto y la degradación del suelo (Foto: José Antonio Torres).

cimiento de los líquidos celulares o circulantes en azúcares solubles y en aminoácidos libres que favorecen a los ácaros fitófagos, picadores y chupadores de los tejidos vegetales. Eso se traduce, según la especie, en un aumento de la fecundidad, fertilidad, velocidad de desarrollo, número de generaciones y también de la longevidad de los organismos plaga, lo que deja a las plantas susceptibles al ataque de nematodos, insectos, virus y hongos.

Estudios recientes han encontrado hasta 70% menos nutrientes en los alimentos que consumimos hoy en día, comparados con los que se encontraban en los alimentos hace 100 años. Esto se debe a suelos pobres, degradados, erosionados (Figura 10), intoxicados, casi muertos. Cuando se le aplican a un suelo los famosos "paquetes tecnológicos" que ofrece la agronomía convencional, con todos sus fertilizantes inorgánicos, agroquímicos y maquinaría, se rompen todos los ciclos naturales que se llevan a cabo en él, como ya se explica antes. El problema es que esos ciclos naturales son los encargados de mantener la nutrición del suelo y su contenido mineral, en los niveles adecuados para las plantas y demás organismos que dependen de ellos.

Finalmente, hablamos de la producción de bovinos para carne en condiciones de confinamiento, que es una actividad muy popular en las últimas décadas y que forma parte de la cadena cárnica. Se practica a pequeña escala, a nivel familiar en la que se finalizan de cinco a 50 vacas, pero también se lleva a unidades empresariales tan grandes que algunas finalizan más de 15 mil animales por ciclo. A pesar de que esta actividad es económicamente viable para muchos ganaderos, los dese-

chos (heces, orina, restos de desparasitantes y otros productos veterinarios) que produce el mantenimiento de esa cantidad de animales, si no se manejan de manera adecuada pueden generar contaminación y problemas sanitarios. Un animal adulto produce alrededor de 25 kg diarios de desechos y una tercera parte de ellos son sólidos. Además, si los animales se encuentran en sitios pavimentados, no es posible la actividad de la fauna del suelo para la degradación de esos residuos.

Prácticas conservacionistas

Los principios básicos para prevenir la degradación del suelo en ambientes ganaderos se basan en el mantenimiento del suelo, siempre con una buena cobertura vegetal diversa que lo protege del impacto de la lluvia e incrementa la materia orgánica, además de retener el suelo entre los tallos, raíces y hojas.

El forraje que cubre al suelo le funciona de cobija, evitando que tanto el sol, como las gotas de lluvia, impacten directamente, resecándolo y sellándolo. Tener herbáceas, tanto gramíneas como leguminosas (fijadoras de nitrógeno), con diferentes tipos de raíces y profundidad de enraizamiento es importante para la resistencia a la sequía y para poder aprovechar el agua en diferentes estaciones (Figura 11). También la diversidad de plantas puede contrarrestar ciertos efectos, por ejemplo *Brachiaria* spp., inhibe a las bacterias *Nitrosomonas* que son las responsables de la nitrificación que produce el óxido nitroso (N_2O), gas que contribuye con el efecto invernadero.

Las especies con sistema radicular capaz de romper las capas compactadas del suelo promueven también la absorción de los nutrientes de las capas del subsuelo, liberándolos gradualmente hacia las capas superficiales durante el proceso de descomposición. Los suelos sin cobertura vegetal se calientan más y el aire caliente que sube no permite que las nubes penetren en ese territorio. Para que las nubes descarguen sus aguas necesitan encontrar temperaturas menores a las que ellas traen, entonces, cuando la temperatura es mayor perdemos esa agua que pasa por encima de nuestros suelos. En cambio, un suelo que no tiene o tiene pocas áreas de suelo desnudo reduce la temperatura, mejora la infiltración de agua y promueve que el suelo conserve más organismos vivos. Para una mejor producción en el tiempo hay que procurar infiltrar cada vez más agua en los suelos.

Existen estrategias importantes para el uso y conservación del suelo, tales como el uso de abonos (orgánicos y artificiales) de una manera adecuada; la eliminación de la quema; la siembra en el sentido de las curvas de nivel y no en el sentido de la pendiente; la construcción de terrazas para desagües; las cuencas de contención y el uso de cultivos de cobertura (leguminosas y pastos forrajeros), especialmente para el enriquecimiento de nitrógeno en el suelo.

Se sabe que las leguminosas asociadas con bacterias fijadoras de nitrógeno pueden suministrar 100 kg de N/ha al año. El sistema de rotación de las zonas de pastoreo de ganado, el uso de cercos vivos o de cordones de vegetación permanente para el control de la erosión del suelo, los abonos verdes y las enmiendas orgánicas deben fomentarse.

La función principal atribuida a las enmiendas orgánicas es el aporte de materia orgánica al suelo, con el fin de generar humus para mejorar la fertilidad. En el caso de la ganadería se recomienda el uso de desechos orgánicos regionales, como la punta de caña, la pulpa de café, el rastrojo del maíz y otros cultivos, además de los estiércoles. Se deben estabilizar las excretas que se acumulan en los ranchos vía composta o lombricomposta.

Las enmiendas húmicas favorecen el enraizamiento ya que desarrollan y mantienen un sistema radicular joven y vigoroso. El desarrollo radicular de la planta con aporte de enmiendas húmicas es enorme y eso hace que sea mucho más rápido, debido a que absorbe mayor cantidad de elementos nutritivos, lo que se traduce en mayor producción. Las raíces son el pilar básico de una planta ya que no podemos olvidar que le sirven de soporte al suelo.

Entre los sistemas conservacionistas del suelo y del agua, destacan los que no recomiendan que el suelo sea removido o revuelto (cero labranza) ya que promueven una adecuada protección superficial para aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo y de humedad. Además, los sistemas agrícolas-ganaderos que reducen la cantidad y la velocidad del escurrimiento superficial del agua pluvial contribuyen para la reducción de las

pérdidas de suelo y, consecuentemente, reducen el transporte de contaminantes en las reservas de agua.

Un buen manejo del pastoreo es crucial para mantener el equilibrio biológico, mineral y físico del suelo. Es recomendable conocer el aforo de una pastura, es decir, la producción total estimada y proyectada del pasto en un determinado ciclo de crecimiento y desarrollo, según la especie de pasto producido en una determinada área. El aforo es una "ponderación" de la producción de pasto, a partir de una muestra representativa y aleatoria del pastizal evaluado que se toma directamente en campo, en el potrero o potreros de los cuales se desea medir su producción.

Se puede calcular a partir de ahí la disponibilidad total de pasto por cosecha, descontar la reserva que se desea para el rebrote subsiguiente y con el pasto que queda disponible, se puede calcular también la carga animal máxima de ganado y, finalmente, el tamaño de los potreros para poder garantizar el éxito de la técnica de pastoreo a implementar. Esa es una manera correcta de planificar un sistema de pastoreo, de forma tal que la ganadería pueda percibir sus beneficios.

Si un predio será usado para pastoreo con bovinos, bajo pastoreo rotacional tradicional o rotacional tecnificado (que sigue siendo extensivo a pesar de la rotación, debido a las cargas de animales bajas en áreas extensas), que es el método de pastoreo que más se acostumbra. Quien planifica ese tipo de pastoreos debe trabajar con una tasa de desperdicio entre 50 y 60%, debido a la alta selectividad, al pisoteo, las excreciones (heces y orina) y todos los factores que causan desperdicio de pasto en los potreros.

Un sistema de pastoreo que ha adquirido una gran aceptación en los últimos años es el Pastoreo Racional Voisin (PRV). Este sistema de manejo favorece la incorporación de materia orgánica al suelo mediante altas cargas de ganado por tiempos cortos, que fertilizan cada uno de los potreros en rotación y tienen descansos largos, según su punto óptimo de reposo. Los periodos de descanso prolongado con pastoreo rotativo mantienen la porosidad edáfica en rangos similares a los hallados en áreas excluidas del pastoreo por varios años.

El PRV no utiliza insumos externos para producir, porque no degrada sus recursos, los enriquece y no envenena a sus consumidores, sino que los nutre (se elimina todo tipo de agroquímicos, sobre todo herbicidas, insecticidas e ivermectinas). A veces se logra incluso eliminar el uso de los garrapaticidas, aunque el proceso de reorganización de las cadenas alimenticias en el ecosistema es paulatino. Se recomienda el uso de extractos de neem (*Azadirachta indica*), de sangregado (*Croton draco*) o de tónicos de flor de azufre para el control de garrapatas.

El mejor control de los insectos y de las enfermedades se logra por el manejo orgánico del suelo y con un conjunto de prácticas que le proporcionan a la planta condiciones propicias para un desarrollo sano.

Al eliminar la mayoría de los agroquímicos de alto impacto se resta la presión a las demás especies que están en el ecosistema, como son aves, lombrices, insectos y mamíferos, entre otros. Todos ellos tienen su función en la estabilidad del ecosistema, conforme se vayan reorganizando las cadenas alimenticias el ecosistema estará más estable y las poblaciones serán controladas y no eliminadas. Si los suelos están sanos habrá suficiente forraje sano y nutritivo donde pastarán vacas bien nutridas. A final de cuentas todos los organismos se verán beneficiados.

Si bien existe maquinaria para descompactar el suelo, el ganado puede hacer ese trabajo. Depende del manejo de esas cuatro patas de la vaca si van a degradar los suelos o los van a masajear y ayudar a regenerarlos. El disturbio causado por las patas del ganado o "masaje", causa principalmente dos cosas: rompe la capa superficial impermeable y genera miles de pequeñas pozas en todo el potrero (Figura 11). En el PRV, al hacer ocupaciones cortas del ganado, en pequeñas áreas o divisiones con mucho ganado y reposos suficientes, se logra que el ganado no compacte el suelo, al contrario, lo masajea con sus patas y lo fertiliza mediante sus desechos.

Los bovinos, en general, defecan de 11 a 16 veces al día y orinan de ocho a 12 veces. Así, una vaca de 500 kg defeca diario aproximadamente 25 kg de estiércol y 15 litros de orina. Al multiplicar esos números por la cantidad de vacas que tenga el ganadero se obtendrá un excelente abono (siempre y cuando vaya sin químicos) que nutrirá a los microorganismos del suelo. Si el lote es de 100 vacas, son entonces 2,500 kg de estiércol y 1,500 litros de orina. Esta fertilización provoca que las raíces crezcan y que la macrofauna del suelo (escarabajos, lombrices, hormigas, entre otros organismos) se mantenga activa, permitiendo el intercambio de gases y líquidos, a distintas profundidades, en las cantidades adecuadas.

Es importante resaltar que, cerca de 10% del nitrógeno del estiércol es perdido por volatilización de amonio, hasta tres días después de secar. Para el nitrógeno de la orina, las pérdidas varían de 20 a 76% en suelo cubierto y descubierto, respectivamente. Por eso la remoción y enterramiento de estiércol por la fauna del suelo es tan importante.

Una alternativa adicional es la implantación de sistemas silvopastoriles. Esos sistemas son un tipo de agroforestería en el cual árboles, arbustos, palmeras y/o hierbas gigantes son combinados con ganado y/o producción de pastura, en la misma unidad de tierra. Dentro de esta amplia categoría se pueden identificar varios tipos de sistemas y prácticas, dependiendo del papel del componente arbóreo o similar.

De acuerdo con la combinación, con su arreglo y con el manejo de la especie arbórea, pasturas y animales, así como de las necesidades de los productores, los sistemas silvopastoriles se presentan en formas muy diversas. Entre las opciones que se pueden encontrar en fincas ganaderas están: cercas vivas, bancos forrajeros de leñosas perennes ricas en proteínas, leñosas perennes en callejones, árboles y arbustos dispersos en

Figura 11. Efecto de la pezuña de la vaca en la salud del suelo, al pisar, romper y dejar huecos permite remover material y facilitar la captación de agua. (Fuente: Ruechel, 2018).

potreros, pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, leñosas perennes sembradas como barreras vivas y cortinas rompevientos.

Importancia del arbolado en la salud del suelo

El reconocimiento de la importancia de contar con árboles, arbustos, palmeras, hierbas gigantes u otras plantas similares, en tierras de pastoreo, es relativamente reciente. Se acepta cada vez más el papel benéfico de este tipo de plantas como protectoras o restauradoras de suelos degradados por la ganadería de pastoreo en praderas convencionales sin árboles, situación que ha llevado a que más de 80% de las tierras de pastoreo tengan algún nivel de degradación de suelos y que antiguos "paraísos" para la ganadería sean ahora sostenibles sólo artificialmente (Figura 10). La presencia de este tipo de plantas puede contribuir a mejorar la productividad del suelo, favoreciendo las propiedades fisicoquímicas y biológicas, así como también el desarrollo del estrato herbáceo y, por tanto, la nutrición y salud del ganado.

Investigadores de diferentes regiones del mundo coinciden en que la presencia de árboles, arbustos, palmeras, hierbas gigantes u otras plantas similares –que para fines prácticos aquí llamaremos simplemente árboles– en los sistemas ganaderos es una alternativa viable para la sustentabilidad. Los estudios al respecto han sido en tres vertientes: *a)* análisis de cambios en las propiedades del suelo, considerando la influencia de la sombra y la energía solar, *b)* comparación de las propiedades del suelo al mismo tiempo en diferentes sitios y *c)* seguimiento de los cambios, a través del tiempo, en las propiedades del suelo de un mismo sitio. En este apartado se presentan resultados propios y de revisión de los beneficios que presentan los árboles en sistemas ganaderos.

Erosión. Los árboles protegen el suelo contra la erosión producida por diferentes causas. Una de ellas es la gravitacional, es decir, la que se da en terrenos con cierta pendiente (desprendimiento, deslizamiento, solifluxión, reptación), también contra la erosión hídrica y eólica; reduciendo la pérdida de suelo, de materia orgánica y de nutrientes. Varios autores reportan que árboles con copa densa y baja atenúan el impacto de las gotas de lluvia, evitando así que las partículas más pequeñas sellen los espacios porosos del suelo y provoquen reducción de la tasa de infiltración de agua. En terrenos de ladera, la protección se amplía si las arbóreas son sembradas como barrera viva. El mayor aporte al control de la erosión es a través de las hojas y ramas caídas ya que éstas interfieren el impacto directo de la lluvia y contribuyen a mejorar la estructura del suelo, luego de su humidificación.

Textura. Aunque la textura es una característica del suelo relativamente estable, se ha encontrado que el sobrepastoreo y la erosión podrían favorecer a largo plazo una menor proporción superficial de partículas en suelos poco cohesionados. La presencia de árboles en suelos jóvenes puede acelerar el proceso de formación por fragmentación de partículas gruesas.

Compactación. Este concepto se refiere principalmente a la reducción del espacio poroso del suelo, debido al tránsito continuo del ganado, personas o maquinaria, tan importante porque afecta el crecimiento de las pasturas; hay menor

capacidad de infiltración del agua, aumento de la resistencia a la penetración de raíces y reducción del nivel de oxígeno a nivel de la rizósfera. Los restos de las raíces de los árboles contribuyen de manera natural a formar espacio poroso y evitar la compactación.

Nitrógeno y materia orgánica. El nitrógeno es uno de los elementos esenciales para las plantas y de su disponibilidad en el suelo depende en gran medida la calidad químico-nutricional de los pastos, particularmente la proteína. El contenido natural de nitrógeno está relacionado con el origen de los suelos, suele ser alto en suelos derivados de cenizas volcánicas y pobre en suelos formados de rocas sedimentarias; también está relacionado en más de 90% al contenido de materia orgánica; el N orgánico que proviene de la desintegración de la materia orgánica y no está disponible para las plantas, pero poco a poco se va mineralizando por acción de las bacterias nitrificantes y se vuelve asimilable en forma de nitratos y amonio.

Mucho se ha escrito sobre la fijación de nitrógeno atmosférico por bacterias (*Rhizobium* y *Bradyrhizobium*) que viven en las raíces de plantas, especialmente de la familia de las leguminosas. En plantas arbóreas se estima que la actividad fijadora puede alcanzar hasta 300 kg N_2/ha/año, aunque hay reportes excepcionales de 500 kg N_2/ha/año; mientras que en herbáceas es menor, de 100 a 150 kg N_2/ha/año. Otras especies arbóreas de familias frecuentes en potreros también son capaces de aportar cantidades considerables de nitrógeno al suelo, bien por la actividad de microorganismos en sus raíces, como por la cantidad de residuos aéreos; es el caso de *Casuarina equisetifolia*, que por actividad de *Frankia* spp., en sus raíces aporta de 40 a 80 kg N_2 /ha/año y por residuos aéreos más de 150 kg N_2/ha/año al suelo.

Exudados de la raíz. Desempeñan un papel importante en la movilización de nutrientes poco solubles en la rizósfera. Es poco conocida la cantidad y composición de los principales metabolitos en exudados de las raíces entre especies y con diferentes deficiencias de nutrientes. Plantas en suelos deficientes de N, K, P o Fe mostraron mayor liberación de exudados de raíz, tales como azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos. También hay evidencia que sugiere que, con sus exudados, las plantas pueden estimular la actividad de las comunidades microbianas en su propio beneficio, para evitar infecciones o hacer que haya mineralización de la materia orgánica y se facilite la asimilación de los nutrientes.

Sombra. La competencia por radiación solar, agua y nutrientes, es uno de los principales argumentos que se dieron para justificar la eliminación de árboles y arbustos de las tierras de pastoreo. Aún en la actualidad existen ganaderos que consideran indeseable la presencia de tales especies para el crecimiento de pasturas. Efectivamente, cuando plantas arbóreas y herbáceas comparten el mismo espacio pueden presentar relaciones de interferencia, pero también de facilitación. La fijación y transferencia de nitrógeno, así como la protección contra el viento, lluvia y temperaturas extremas, son ejemplo de relaciones de facilitación de los árboles al estrato herbáceo y al suelo (microorganismos, lombrices y demás fauna benéfica).

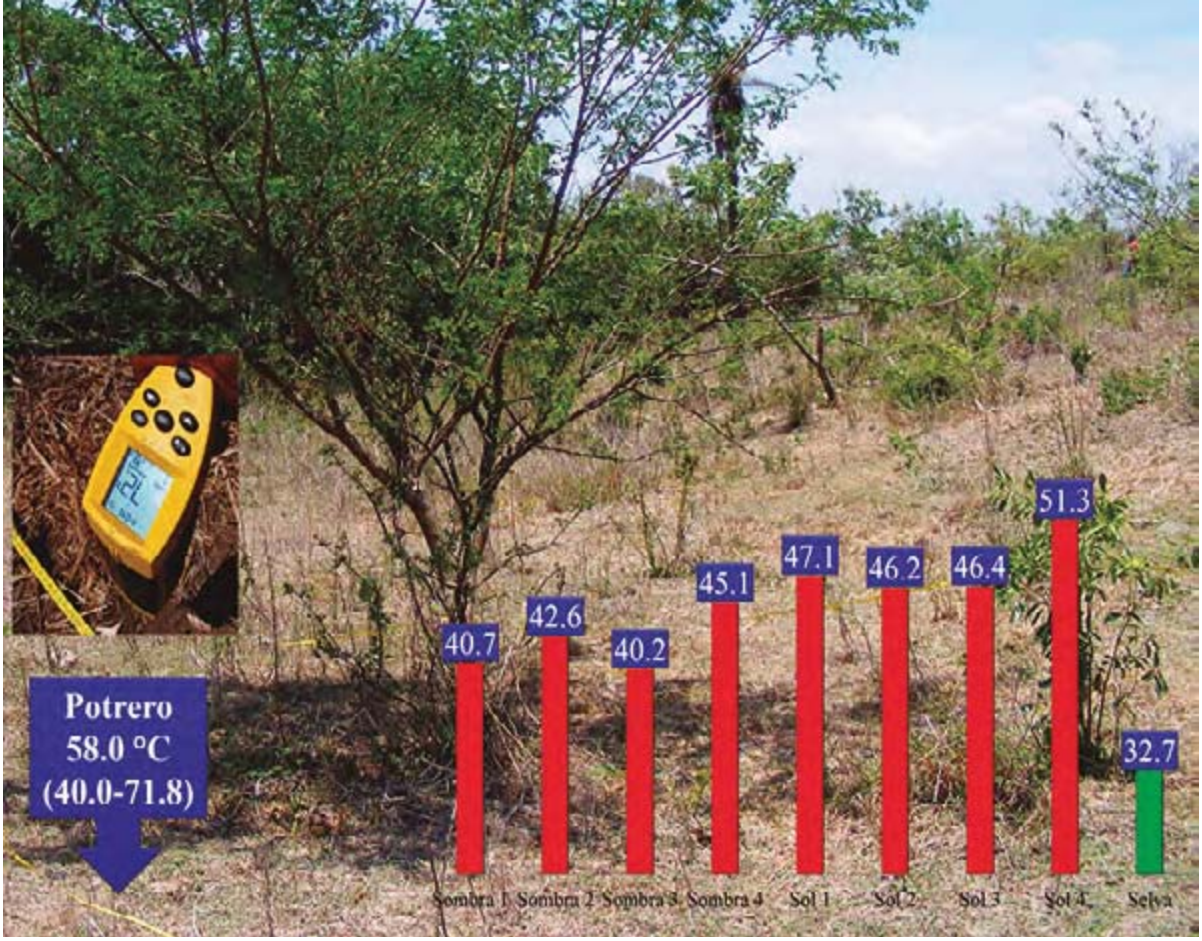

Figura 12. Comparación de la temperatura superficial, en un día de verano, en potrero sin árboles y en potrero con árboles dispersos en la llanura costera veracruzana. Especie: Gliricidia sepium; suelo: regosol calcárico; altitud: 17 msnm; clima: Aw_1 (Foto: José Antonio Torres).

La magnitud de las interacciones depende de diversos factores: la disponibilidad de los recursos para el crecimiento (agua, luz y nutrientes), las necesidades específicas de cada componente, la densidad de población de cada especie de planta y su distribución en el terreno, así como del régimen de manejo al que están sometidos. Ahora se sabe que una sombra ligera puede incrementar en 30% la producción de biomasa de ciertos pastos y su contenido de proteína.

Estrés térmico. La presencia de árboles en los potreros mitiga los efectos de las altas temperaturas a las que pueden estar sometidos los pastos, el ganado y los organismos que habitan en el suelo bajo la copa. Esto adquiere cada vez más relevancia ante el inminente cambio climático. En la llanura costera veracruzana, la diferencia de temperatura a nivel del suelo bajo la copa respecto a la registrada a pleno sol, en un día de verano, puede ser de más de 30 °C (Figura 12). El microclima creado por la presencia de árboles resulta más favorable para la actividad biológica de la fauna del suelo.

Debido a que la tasa de liberación de los elementos más móviles, como el nitrógeno y el potasio, es más lenta bajo la copa de los árboles, hay una mayor eficiencia en el uso de tales nutrimentos ya que su liberación es más compatible con la capacidad de absorción de los pastos.

Los sistemas silvopastoriles tienen efectos positivos en las propiedades del suelo ya que el material vegetal que es podado y dejado en el campo, más las excretas de los animales, constituyen la principal vía para el reciclaje de nutrimentos. Una hectárea de un banco de proteína en Chiapas puede secuestrar 10.9 t/ha de carbono, los cercos vivos en 1600 m lineales pueden secuestrar 39.7 t/ha de carbono.

Es importante mencionar que el establecimiento de estos sistemas no reflejará cambios positivos en las propiedades del suelo si el tiempo no ha sido suficiente. Los cambios pueden llegar a ser notables en establecimientos de más de cinco años.

Manejo sustentable

Basados en principios de agroecología se han diseñado diversos modelos de sistemas agropecuarios que no son mutuamente excluyentes (Benkeblia, 2014): 1) los sistemas de producción orgánica que evitan el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas industriales; 2) los sistemas mixtos que usan un terreno para varios fines y en donde los restos de un cultivo son usados como abono para el cultivo que se sembrará después de un tiempo de descanso; 3) los sistemas ecológicamente intensivos, donde el manejo nutrimental se realiza en tiempos cortos y con descansos largos del potrero, con el objetivo de obtener altos rendimientos por unidad de superficie, tanto a cielo abierto como en los sistemas de agricultura protegida (invernadero), con lo cual se incrementa la provisión de alimentos a la población; 4) los sistemas biodinámicos, que hacen hincapié en la interrelación entre suelos, plantas y animales, tratando el conjunto como un sistema en equilibrio, por lo que evitan en la medida de lo posible intervenciones externas, pero toman en cuenta la pérdida de nutrientes debido a la salida de las cosechas y otros productos fuera de la finca, evitan también el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas industriales, utilizando preparados vegetales y minerales como aditivos para la composta, así como un calendario basado en el movimiento de los astros; 5) sistemas agrosilvopastoriles, donde se combina el manejo de plantas/cultivos con animales; 6) la agricultura "regenerativa" es una práctica holística de manejo de la tierra que potencia el poder de la fotosíntesis para cerrar el ciclo del carbono, producir salud en el suelo, resiliencia de los cultivos y densidad nutricional.

A pesar de todo lo anterior, estos modelos seguirán siendo esfuerzos desarticulados y de bajo impacto en tanto no formen parte de una estrategia nacional real de manejo sustentable. Se debe considerar al suelo como un recurso fundamental de cualquier ecosistema terrestre que proporciona múltiples servicios ecosistémicos a la población humana y al ecosistema, como ya se ha mencionado.

Existe la necesidad de tener un mejor inventario de suelos, de una colección sistemática de datos y su incorporación en bases computacionales bien organizadas que ayuden, por un lado, al trabajo de científicos y, por el otro, a los diseñadores de políticas públicas e instituciones gubernamentales en la toma de decisiones. Pero también es necesario que los campesinos y agricultores puedan consultar esa información para tomar mejores decisiones en el uso de sus tierras. El progreso que se ha logrado en el inventario de la biodiversidad y en la inclusión de la conservación de la biodiversidad en la agenda política con el trabajo de la CONABIO, muestra que las instituciones pueden promover grandes avances en temas que antes eran ignorados (Gavito *et al.,* 2017).

El muestreo del suelo

Para poder tomar mejores decisiones de manejo de un pastizal, o de otro tipo de cultivo, se requiere hacer un diagnóstico del estado de salud del suelo. Una inspección básica es la primera actividad que se puede efectuar en un terreno productivo y a veces es de lo único que se dispone para evaluar los cambios que se producen en el suelo. Para llevar a cabo una inspección básica se sugiere revisar los siguientes indicadores: presencia de mantillo y hojarasca, presencia de lombrices y de otros organismos del suelo, color, textura, raíces, consistencia, compactación, drenaje, erosión, espesor de penetración de raíces y presencia de materia orgánica y olor.

Una herramienta útil y complementaria consiste en llevar un cuchillo a campo y cortar un cubo de suelo, en un área con bosque o con cercos vivos y después compararla con cubos de suelo del mismo tamaño tomados de sitios manejados de diferentes formas, comparando su color, humedad, dureza, presencia de raíces y de organismos del suelo.

La tierra en buenas condiciones se siente blanda, drena bien, no endurece y hace costra después de plantar, absorbe las lluvias fuertes con poco escurrimiento de agua, almacena humedad para los periodos de sequía, tiene pocos terrones, soporta una alta población de organismos de suelo, tiene buen olor a tierra y produce cultivos saludables.

La carta de colores Munsell es la referencia internacional universalmente utilizada para proporcionar información sobre colores del suelo. El color del suelo se

oscurece con la humedad, por lo que la determinación de su color debe hacerse cuando está seco.

Hay algunas formas prácticas de conocer el nivel de degradación del suelo: 1) erosión, cárcavas, suelos lavados, afloramiento de piedras, pasto que no crece o de color amarillento, 2) suelo desnudo, 3) poco vigor de los forrajes, 4) las raíces de los forrajes son débiles y muy superficiales, 5) suelo compacto, 6) se acumula el suelo arrastrado en la base de las plantas, al lado de la pendiente.

Sin embargo, la evaluación visual directa no permite determinar los niveles de nutrientes de un suelo ni otras características más específicas como su acidez. Se deben tomar muestras de suelo para determinar sus características físicas, químicas, mineralógicas y bioquímicas. Los análisis de suelo deben ser complementados con análisis foliar y de productividad del sistema.

La confiabilidad de los análisis del suelo depende de la exactitud de cada una de las siguientes etapas: colecta de muestras, extracción y determinación de nutrientes disponibles, interpretación de los resultados de los análisis y la recomendación de fertilizantes y correctivos. Los análisis se deben hacer en laboratorio, sin embargo, hay datos que se pueden tomar directamente en campo con equipos especiales, como la conductividad hidráulica, la velocidad de infiltración, la compactación, el bióxido de carbono y la macrofauna de suelo, entre otros.

Los resultados de las propiedades del suelo resultantes del análisis de las muestras en el laboratorio serán válidos siempre y cuando sean representativos del área a muestrear. El tamaño de muestra en general será menor que el estadísticamente deseado, lo cual nos lleva a comprender que definirlo, dada la complejidad de los suelos, no es tarea sencilla debido a que sus factores formadores son muy variables, lo que ocasiona diferencias en su composición y propiedades particulares que se dan de un metro a metro o entre distancias cortas, de región en región o entre distancias extensas. El suelo es más heterogéneo que el aire y el agua, aunque mantiene su estado más tiempo, por ello su estudio requiere más intensidad en espacio.

Se proponen cinco ejes sobre los que se debe basar un muestreo de suelos: diseño y análisis de muestreo, ambiente, organismos, agroecosistemas, sensores remotos y manejo de información geográfica. Su importancia radica en el qué, para qué, dónde, cómo y cuánto tomar muestras.

Las estrategias generales de muestreo, en función de los objetivos de estudio y de las características de la zona son: definición del problema y objetivos del estudio, definición de las variables a medir, número y ubicación de los sitios de muestreo, tipo de muestras y equipo, profundidad de muestreo, cantidad de muestra y época de muestreo. El muestreo de suelos requiere de un procedimiento distinto, según los objetivos de los trabajos: contaminación, degradación, fertilidad, uso del suelo, cambio climático, etcétera.

Los diseños más comunes son, a juicio de un experto: aleatorio simple, aleatorio estratificado, sistemático y geoestadístico. Cada uno lleva número de muestras específico, nivel de precisión de menos a más y condiciones diferentes para ejecutarlos.

Las muestras de suelo son variables, tanto por su origen como en su procedimiento, porque pueden ser alteradas (colocadas en bolsas de plástico ya sea por profundidad o por horizontes) o inalteradas (en moldes ex profeso) y cambia también el procedimiento por el uso del suelo.

La cantidad de muestra es variable, depende del número de análisis que se realizarán, así como de las repeticiones; por ejemplo: 500 g para análisis químicos, 500 g para los parámetros físicos, 150 g para contaminantes orgánicos, 250 g para contaminantes hidrocarburos, 1 kg para análisis de retención de humedad.

Las variables de rutina que se miden en un suelo para conocer su estado de fertilidad o degradación son el pH, su contenido de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo total (P), nitrógeno mineral (amonio y nitratos) fósforo asimilable, contenido de potasio y sodio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), textura (contenido de arcillas, limo y arenas) y retención de agua (capacidad de campo y punto de marchitez permanente). La mayoría de estos análisis se hacen conforme a la norma 021 de SEMARNAT (2000).

Referencias

Andrade, D.C. y Romeiro, A.R. 2009. *Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano*. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), SP: Texto para discussão, v. 155 pp.

Bang, H.S., Lee, J.H., Kwon, O.S., Na, Y.E., Jang, Y.S. y Kim, W.H. 2005. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Applied Soil Ecology*, 29: 165-171.

Barois, I., Negrete-Yankelevich, S., García, J.A., Santos, M., Álvarez-Sánchez, J., Castillo-Campos, G., Cram, S., Fragoso, C., Franco-Navarro, F., Martínez-Romero, E., Meza, E., Morón, M.A., Rodríguez, P., Rojas, P., Sosa, V., Trejo, D., Varela, L., Bueno-Villegas, J., Gómez, J.A. y Sormani, C. 2011. La biodiversidad en el suelo: estudio de caso en la sierra de Santa Marta (Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas Veracruz). En: *La biodiversidad en Veracruz. Estudio de Estado.* Vol. I. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.

Bautista-Cruz, A., Etchevers Barra, J., Del Castillo, R.F. y Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas,* 13:90-97.

Benkeblia, N. 2014. *Agroecology, ecosystems and sustainability*. CRC Press. Taylor and Francis Group. Nueva York, Estados Unidos de América. 369 pp.

Bennett, E.M. y Balvanera, P. 2007. The future of production systems in a globalized world. *Frontiers in Ecology and Environment*, 5:191-198.

Blanquer, J.M.G., Asensio, S.I. y Ramón, H.M. 2010. *Horizontes de diagnóstico del suelo*. Universidad de Valencia, España. 9 pp.

Bornemisza, E. 1982. *Introducción a la química de suelos.* Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía núm. 25.

Brown, G.G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J.C., Bueno, J., Moreno, A.G., Lavelle, P., Ordaz, V. y Rodríguez, Y.C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, número especial 1:79-110.

Brown, G.G., Moreno, A.G., Barois, I., Fragoso, C., Rojas, P., Hernández, B. y Patrón, J.C. 2004. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. *Agriculture Ecosystems y Environment*, 103:313-327.

Brussaard, L. 2012. Ecosystem services provided by the soil biota. Pp. 45-58. En: D. Wall (Ed.). *Soil ecology and ecosytem services*, Oxford University Press, EUA.

Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P. y Pulleman, M. 2018. Soil quality. A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120:105-125.

Castro-Mogollón, R.A. 2013. *Caracterización social, económica y ambiental de las producciones bovinas lecheras del municipio de Floresta (Boyacá)*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Especialización en Nutrición Animal Sostenible. 93 pp.

Cairns Junior, J., Mccormick, P.V. y Niederlehner, B.R. 1993. A proposal framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia. The Hague,* 263:1-44.

Conant, R.T., Paustian, K., Del Grosso, S.J. y Parton, W.J. 2005. Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 71(3):239-248.

Cotrufo, F.M., Wallenstein, M.D., Boot, C.M., Denef, K. y Paul, E. 2013. The microbial efficiency-matrix stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Global Change Biology,* 19:988-995.

Cruz R., M., Huerta, C. y Arellano, L. 2016. *Situación actual de la ganadería en el centro de Xico, Veracruz.* Instituto de Ecología, A.C. 30 pp.

Cruz-Martínez, A. 2017. *Evaluación e identificación de la macrofauna asociada a pastizales con diferentes tipos de manejo en Xico, Ver.* Tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico Superior de Perote. 64 pp.

Cseke, L.J., Wullschleger, S.D., Sreedasyam, A., Trivedi, G., Larsen, P.E. y Collart, F.R. 2013. Carbon sequestration. Pp. 415.455. En: Kole, C. (Ed.). *Genomics and breeding for climate-resilient crops*. Springer, Berlín.

Dance, A. 2008. Soil ecology: what lies benath. En: http://www.nature.com/news/2008/081008/full/455724a.html

Doran, J.W. y Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. Pp. 3-21. En: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. y Stewart, B.A. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment.* Soil Science Society of America, Madison.

Duchaufour, P. 1988. *Pédologie,* Masson, París, Francia. 224 pp.

Errouissi, F., Haloti, S., Jay-Robert, P., Janati-Idrissi, A. y Lumaret, J.P. 2004. Effects of the attractiveness for dung beetles of dung pat origin and size along climatic gradient. *Enviromental Entomology*, 33:45-53.

FAO. 2015. imagen tomada de http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/294325/.

Fidalski, J., Tormena, C.A., Cecato, U., Barbero, L.M., Lugão, S.M.B. y Costa, M.A.T. 2008. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* 43(11):1583-1590.

Fincher, G.T., Monson, W.G. y Burton, G.W. 1981. Effects of cattle feces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of coastal bermudagrass. *Agronomy Journal*, 73:775-779.

Fonseca, I.V.L. y Silva, N.P. 2010. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropica*, 10(4):59-62.

Fragoso, C. y P. Rojas. 2014. Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl*. 85:S197-S207.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I. y Vargas, R. (Eds.). 2014. *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxemburgo, 176 pp.

Gavito, M.E., van der Wal, H., Aldasoro, E.M., Ayala-Orozco, B., Bullén, A.A., Cach-Pérez, M. y Martínez, P. 2017. Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88:150-160.

Geissert, D., Barois, I., Mólgora, A., Mokondoko, P., Maas, K. y Manson, R. 2013. Manual para el manejo sustentable del suelo. En: *Cafetales de sombra*. Café In Red, Conacyt-Fordecyt. Xalapa. 47 pp.

Gillard, P. 1967. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. *Journal of Australian Institute of Agricultural Science,* 33:30-34.

Halffter, G. y Matthews, E.G. 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 14:1-31.

Hernández-Castellanos, B., Barois, I., Brown, G.G. y García-Pérez, J.A. 2010. Modificaciones químicas inducidas por dos especies de lombrices geófagas en suelos de Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 2:295-308.

Huerta C.,C., Arellano, L., Cruz-Rosales, M., Escobar, F. y Martínez, I. 2016. *Los escarabajos del estiércol en los potreros ganaderos de Xico*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. 20 pp.

Lal, R. 2008. Carbon sequestration. *Philosophical Transaction of Royal Society*, 363(1492):815-830.

Lal, R., Negassa, W. y Lorenz, K. 2015. Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 15:79-86.

Lanzanova, M.E., Nicoloso, R. Da S., Lovato, T., Eltz, F.L.F., Amado, T.J.C. y Reinert, D.J. 2007. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do solo,* 31:1131-1140.

Lavelle, P., Barois, I., Cruz, I., Fragoso, C., Hernández, A., Pineda, A. y Rangel, P. 1987. Adaptative strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae: Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. *Biology and fertility of soils*, 5:188-194.

Lavelle, P., Lattaud, C., Trigo, D. y Barois, I. 1995. Mutualism and biodiversity in soils. Pp. 23-33. En: *The significance and regulation of soil biodiversity*. Springer, Dordrecht.

Loayza de La Torre, V. 2012. *Fraccionamiento químico del carbono orgánico en los suelos no carbonatados de la Alpujarra Granadina*. Tesis de Maestría. Universidad de Granada.

Lumaret J., P. y Kadiri, N. 1995. The influence of the first wave of colonizing insect on cattle dung dispersal. *Pedobiología*, 39:506-517.

Mares Molina, S.A. 2018. Remoción de estiércol y calidad del suelo por escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres tipos de manejo ganadero en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Ambientales. Acapulco, Guerrero. 125 pp.

Martínez, E., Fuentes, J.P. y Acevedo, E. 2008 Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal,* 8(1):68-96.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystem and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, D.C. 876 pp.

Mott, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. Proceedings 8th Int. Grassld Congr. 6 pp.

Murray, P., Crotty, F. y van Eekeren, N. 2012. Management of grassland systems, soil, and ecosystem services. Pp. 282-293. En: Wall, D.H. (Ed.). *Soil ecology and ecosystem services*. Oxford University Press, EUA.

Nielsen, U.N., Ayres, E., Wall, D.H. y Bardgett, R.D. 2011. Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity. Function relationships. *European Journal of Soil Science,* 62:105-116.

Parrón, L.M., García, J.R., de Oliveira, E.B., Brown, G.G. y Prado, R.B. 2015. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. *Embrapa Florestas. Livro científico (ALICE)*.

Resende, M., Curi, N., Rezende, S.B. y Corrêa, G.F. 2007. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Lavras: Ed. Da UFLA. 322 pp.

Reichardt, K. 1985. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Fundação Cargill, São Paulo. 445 pp.

Restrepo, J. 2000. *Teoría de la trofobiosis. Plantas enfermas por el uso de agrotóxico*. 45 pp. En: https://almonteorganico.wordpress.com/2015/07/28/teoria-de-la-trofobiosis-plantas-enfermas-por-el-uso-de-agrotoxicos/.

Romero-López, A.A., Morón, M.A., Aragón, A. y Villalobos, F.J. 2010. La "gallina ciega" (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) vista como un "ingeniero del suelo". *Southwestern Entomologist*, 35(3):331-343.

Ruechel, J. 2018. imagen tomada de www.grass-fed-solutions.com/pasture-management-soilmoisture.html.

Sandoval Estrada, M., Stolpe Lau, N., Zagal Venegas, E., Mardones Flores, M. y Junod Montano, J. 2003. El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. The carbon sequestration in agriculture and its importance in global warming. *Theoria,* 12(1).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturtales (SEMARNAT)**.** 2003. Norma Oficial Mexicana, NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. En: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648yfecha=20/10/2004.

Silva, A.P., Tormena, C.A., Dias Junior, M.S., Imhoff, S. y Klein, V.A. 2010. Indicadores da qualidade física do solo. Pp. 241-280. En: Van Lier, Q. de J. (Ed.). *Física Do Solo*. Viçosa, Mg: Sociedade Brasileira de Ciência so Solo.

Trumbmore, S.E., Davidson, E.A., Barbosa de Camargo, P., Nepstad, D.D. y Martinelli, L.A. 1995. Belowground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia. *Global Biogeochem. Cycles* 9:515-528

Whipps, J.M. 1990. Carbon economy. *The Rhizosphere*, 59-97.

Yamada, D., Imura, O., Shi, K. y Shibuya, T. 2007. Effect of tunneler dung beetle on cattle dung decomposition, soil nutrients and hebage growth. *Grassland Science,* 53:121-129.

ANEXO 1. Referencias de prácticas ganaderas y suelo

Libros de consulta

Arellano, L., Cruz-Rosales, M. y Huerta C., 2014. *El estiércol: material de desecho, de provecho y algo más.* Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. 40 pp.

Capistrán, F., Aranda, E. y Romero, J.C. 1999. *Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. 150 pp.

Dávila, T.O., Ramírez, R.E., Rodríguez, M., Gómez, R. y Barrios, C. 2005. *El manejo del potrero*. Series Cuadernos de Campo. FAO-CATIE. Impresión INPASA. 20 pp.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I. y Vargas, R. (Eds.). 2014.

Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Comisión Europea. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxemburgo. 176 pp.

Geissert, D., Barois, I., Olgora M., Mokondoko, A., Maas, K. y Manson, R. 2013. *Manual para el manejo sustentable del suelo en cafetales de sombra*. Conacyt-Fordecyt-Café In Red. Xalapa. 47 pp.

Lara-Pérez, J.A. 2012. Estudio preliminar del látex y extracto de hojas de *Croton draco* Schltdl. y Cham. (Euphorbiaceae) con posible efecto garrapaticida. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Córdoba, Veracruz. 42 pp.

León-Arteta, R. 2007. *Nueva edafología*. Grupo Editorial Gaceta, Xalapa. 606 pp.

Llanderal-Ocampo, T. 1993. *Los sistemas silvopastoriles*. SAGARPA-COLPOS. 8 pp.

Nair, P.K.R., Kang, B.T. y Kass, D.C.L. 1995. Nutrient cycling and soil-erosion control in agroforestry systems. En: Jou, A.S.R. (Ed.). *Agriculture and environment: bridging food production and environmental protection in developing countries.* ASA Special Publication núm. 60:117-138.

Pinheiro Machado, L.C. 2017. *Pastoreo Racional Voisin*. *Tecnología agroecológica para el tercer milenio*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 253 pp.

Pinheiro Machado, L.C. y Pinheiro Machado L.C. Filho. 2016. *La dialéctica de la agroecología. Contribución para un mundo con alimentos sin veneno*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 278 pp.

Restrepo. J. 2002. *Agricultura orgánica: biofertilizantes, preparados y fermentos a base de mierda de vaca*. Fundación Juquira Candiru. Colombia. 105 pp.

Schwartz, J.D. 2013. *Cows save the planet: and other improbable ways of restoring soil to heal the earth*. Chelsea Green Publishing.

———. 2016. *Water in plain sight: hope for a thirsty World*. St. Martin's Press.

Uphoff, N., Ball, A.S., Fernandes, E., Herren, H., Husson, O., Laing, M., Palm, Ch., Pretty, J., Sánchez, P., Sanginga, N. y Thies, J. (Eds.). 2006. *Biological approaches to sustainable soil systems*. CRC Press. Taylor and Francis Group. 764 pp.

Páginas electrónicas de consulta

The Carbon Underground. Secuestro de carbono en suelo. https://thecarbonunderground.org/

Cultura Empresarial Ganadera Internacional. https://culturaempresarialganadera.org/

Ganadería Regenerativa. https://www.ganaderiaregenerativa.com/blog

Regenerative Agriculture Initiative, California State University, Chico. http://www.csuchico.edu/sustainablefuture/aginitiative/

Restrepo, J. 2000. *Teoría de la trofobiosis. Plantas enfermas por el uso de agrotóxico*. 45 pp. https://almonteorganico.wordpress.com/2015/07/28/teoria-de-la-trofobiosis-plantas-enfermas-por-el-uso-de-agrotoxicos/.

———. 2006. *El suelo como base de los agroecosistemas sostenibles*. https://almonteorganico.wordpress.com/2015/07/28/teoria-de-la-trofobiosis-plantas-enfermas-por-el-uso-de-agrotoxicos/

Pastoreo Racional Voisin:
ECOLOGÍA, SALUD Y RENTABILIDAD

Daniel Suárez Castillo

Crisis por todos lados, 1 370 hectáreas por hora inician el proceso de desertificación, se pierden por erosión 40 hectáreas por minuto, la extinción de una especie ya es noticia normal, eventos meteorológicos cada vez más extremos e impredecibles, enfermedades crónicas aumentando sin control, menos gente viviendo en y del campo, el agricultor cada vez más pobre y el consumidor cada vez más enfermo.

La salud de nuestra especie está íntimamente ligada a la salud de los suelos. Es sólo a través del cuidado de los suelos, en donde producimos los alimentos, que se logrará mejorar esa salud. Hoy en día ya se tiene el conocimiento suficiente para producir alimentos para una población en aumento, sin venenos, sin degradación de los ecosistemas ni de los consumidores y con alta rentabilidad, mayor aún que la del agronegocio actual. Y son los ganaderos los que tienen la mayor y más eficiente herramienta para iniciar este cambio: el ganado.

A partir de un informe de la FAO en 2009 y de su incompleta difusión, se tachó a la ganadería de ser el primer contribuyente de los gases de efecto invernadero (GEI) y es cierto. Pero el problema fue que no difundieron con la misma energía todo lo que estaba incluido en ese informe, como son los cálculos realizados para llegar a senda conclusión. La contabilización de los GEI incluyó, desde las labores del suelo para la producción de granos para la industria ganadera, los combustibles, fertilizantes, agrotóxicos y el transporte de esos productos para llevarlos hasta la boca de los animales en confinamiento; además de los gases entéricos (metano producido en el proceso digestivo del herbívoro). Entonces, el problema con ese informe fue la divulgación incompleta de la información.

Pero hoy ya se sabe y se tiene claro, cuál tipo de explotación ganadera es la que genera esos gases tan dañinos al planeta y también se sabe cómo se puede remediar. La solución de la crisis climática, financiera y de salud, tiene su base en el máximo cuidado de los suelos y la agroecología es el cimiento de este proceso.

La agroecología tiene como pilar tres conceptos que no son enseñados en las facultades de agronomía: la teoría de la trofobiosis desarrollada por Francis Chaboussou en los años setenta, del siglo pasado; el ciclo del etileno en el suelo, trabajado por Widdowson en 1985 y la transmutación de elementos con

baja energía de Kervran, de 1979 (Pinheiro, 2016). Estos procesos, pilares de la agroecología, son destruidos, entorpecidos y anulados con las prácticas comunes utilizadas en la producción de alimentos hoy en día: el volteo de suelos, los fertilizantes de alta solubilidad y de síntesis química (no natural), la aplicación de agrotóxicos, el fuego y la nula o mala gestión del pastoreo. Todas esas prácticas conducen y mantienen al productor dentro de un círculo vicioso, en un esquema productivo basado en el uso creciente de insumos, deteriorando los suelos, reduciendo la rentabilidad de la empresa ganadera y produciendo carne y leche de baja calidad nutricional que incluso deteriora la salud del consumidor.

El problema ambiental es complejo, pero se puede resumir en dos principales desbalances: el hídrico y el carbónico. Los ciclos hídricos están rotos, el agua ya no se mueve en todo su ciclo a la velocidad a la que lo hacía antes y eso modifica los patrones climáticos; el agua se mueve ahora más rápido y cada día hay más hectáreas de suelo que infiltran menos agua (más concreto en las ciudades y más suelos agrícolas sellados por el laboreo/mecanización y más suelos ganaderos compactados por el mal pastoreo), por lo que su viaje sobre la superficie hacia los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas y mares) es mucho más rápido. Eso genera que el ciclo hídrico, en pocas palabras, se quede un lapso de tiempo sin agua que mover y es lo que genera las sequías cada vez más prolongadas y las lluvias cada vez más torrenciales (más agua en menos tiempo).

Judith Schwartz, en su libro *Las vacas salvan el planeta*, habla sobre el trabajo de Falkenmark en los años ochenta sobre la distinción de los términos "agua azul" y "agua verde". El agua azul se refiere a la lluvia que termina en lagos, lagunas, ríos y al final en los mares. El agua verde se refiere al agua que permanece en el suelo y en las plantas. Es necesario que haya un balance entre ambos tipos de aguas para que el ciclo hidrológico no cause problemas. Actualmente existe más agua azul y menos agua verde, por las causas ya mencionadas. En conclusión, hay menos agua almacenada en los suelos y menos plantas haciendo fotosíntesis, más suelo descubierto y menos carbono es removido de la atmósfera. Eso necesita equilibrarse, necesitamos equilibrarlo.

En el caso del carbono, hay demasiado en la atmósfera, por dos causas principales: la emisión de carbono fósil a la atmósfera (entiéndase petróleo) y la oxidación de materia orgánica del suelo, que transfiere carbono del suelo a la atmósfera. El carbono en la atmósfera lo encontramos principalmente en forma de CO_2 y CH_4 (bióxido de carbono y metano, respectivamente), ambos gases de efecto invernadero (GEI). Esa pérdida de carbono del suelo se da a través de la oxidación de la materia orgánica y al perder este gran recurso nuestros suelos pierden básicamente todo su potencial productivo, claro, a menos que utilicemos todas las herramientas de la agricultura convencional que ya conocemos (arados, fertilizantes de alta solubilidad, agrotóxicos, etc.,) que es precisamente la tecnología que nos ha generado los problemas que hoy en día padecemos; el fuego también juega un papel muy importante en la remoción de carbono del suelo, esta práctica debe eliminarse, hay alternativas.

La parte interesante de esta crisis –llena de esperanzas–, es que al cambiar los esquemas productivos y enfocarlos a la regeneración de los suelos, automáticamente se comienzan a revertir los desbalances en los ciclos hidrológicos (mejora el balance entre agua azul y agua verde) y carbónicos. A partir de ahí se desarrolla una cadena de efectos benéficos que alimentan un círculo virtuoso o, mejor dicho, una espiral ascendente a la que aún no se le conoce el límite.

Según el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS), por cada 1% de incremento en el contenido de materia orgánica en el suelo se pueden retener hasta 250 mil litros de agua por hectárea. Esto es posible de lograr de varias formas, pero la más barata y eficiente es a través de la ganadería regenerativa, de esa forma atacamos los dos principales problemas del cambio climático: la ruptura de los ciclos hídricos y carbónicos.

La pregunta obligada ahora es: ¿cómo inicio ese cambio?, ¿cómo encuentro la punta base de esa espiral virtuosa? La respuesta a esa incógnita es: cambiando el manejo. El manejo que hoy en día tiene al punto de la quiebra a la ganadería de pastoreo es el extensivo, aquel de bajas densidades de pastoreo, de largos periodos de ocupación, insuficientes periodos de reposo, bajos índices de cosecha de forraje, degradación del suelo y empobrecimiento de la diversidad del ecosistema. Es este tipo de ganadería el que voltea los suelos, usa fertilizantes de alta solubilidad, herbicidas, insecticidas y fungicidas. Es este tipo de ganadería el que no conoce y, obviamente, tampoco promueve los ciclos biológicos.

Entonces, si se quieren cambiar las cosas es necesario hacer totalmente lo opuesto y eso es un pastoreo intensivo, de altas densidades de pastoreo, cortos periodos de ocupación, óptimos periodos de reposo, altos índices de cosecha, regeneración del suelo y enriquecimiento de la diversidad del ecosistema. Un pastoreo que jamás voltea el suelo, no usa fertilizantes de alta solubilidad ni herbicidas ni insecticidas ni fungicidas, a este pastoreo se le llama racional, porque conoce, entiende y promueve los ciclos biológicos y desarrolla toda una empresa altamente productiva y rentable sobre ellos.

Es entonces donde el Pastoreo Racional Voisin (PRV) entra en juego. Pastoreos hay muchos, unos más eficientes que otros, pero es el PRV el que nos ofrece un análisis profundo de nuestro contexto holístico y nos da las herramientas para acoplar nuestros objetivos personales sobre los recursos naturales que necesitan ser regenerados y perpetuados.

Es posible a través del PRV atacar y dar marcha atrás a los problemas que presenta hoy la ganadería convencional de pastoreo, en sus tres pilares: la ecología, la salud y la rentabilidad.

El suelo y la vegetación es lo primero que se ve beneficiado al hacer ocupaciones cortas a alta densidad de ganado y los mecanismos que trabajan en esto son básicamente tres:

Poda. Al pastorear el ganado a altas densidades (200-4,000 vacas/ha), los animales dejan de seleccionar lo que comen y se vuelven devoradores, poniendo así a todas las plantas a competir al mismo nivel. Además de comer toda hierba que hay en el potrero, es importante que este consumo lo hagan a fondo, a una altura de entre 3 y 5 cm, no más de 10. Es este corte a fondo y sin selección que hace que todas las plantas activen de nuevo su proceso fotosintético y es la fotosíntesis el proceso más eficiente de fijación de carbono en el suelo, a través de los exudados en las raíces. Al consumir la mayoría de especies, éstas inician su proceso de rebrote al mismo tiempo, sobresaliendo solamente aquellas más adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas presentes.

Pisoteo. Siempre se ha sabido que el ganado compacta los suelos, lo cual es cierto, pero todo depende de cómo sea manejado ese animal. Si se modifica el manejo, la vaca se convierte en una herramienta altamente eficiente de descompactación de suelos e infiltración de agua. La vaca compacta, como cualquier otro objeto que tenga capacidad de moverse en el suelo, al pasar varias veces sobre un mismo sitio y esto es lo que se debe cambiar. Si se realiza un pastoreo de corta ocupación, alta densidad y reposo adecuado, no habrá compactación, ya que la vaca permanece muy poco tiempo en un mismo potrero como para lograr compactarlo, en realidad lo que hace es "masajearlo". Es muy común

encontrar los suelos ganaderos con muchas áreas expuestas al sol, sin hierba ni otra cobertura; es en esas áreas principalmente donde se crea una capa delgada de partículas muy finas que sellan el suelo y no permiten que el agua se infiltre. Esto se empeora en cada lluvia, promoviendo más la escorrentía, erosión y menor infiltración (más agua azul y menos agua verde). Es así como se obtienen suelos compactados y pastos sedientos. La vaca con su pezuña rompe esa pequeña costra que sella el suelo y permite que se infiltre un poco más de agua en la siguiente lluvia, a esto se le llama "lluvia efectiva", la lluvia que en realidad se infiltra en el suelo; resultado de eso será una mayor hidratación de las raíces de las hierbas de los potreros y, por lo tanto, un mayor desarrollo foliar, lo que permitirá alimentar más ganado en la misma área para el siguiente pastoreo.

El estiércol. Es la vaca (y cualquier herbívoro) un muy efectivo transporte de fertilidad y microorganismos para el suelo. Es a través del estiércol del ganado como se va a alimentar a los suelos, siempre y cuando no se apliquen desparasitantes de larga duración, como son las lactonas macrocíclicas (ivermectina, abamectina, etc.,) ya que estos tienen gran impacto negativo sobre la biocenosis (vida) del suelo. Una vaca de 500 kg excreta diario aproximadamente 25 kg de estiércol y 15 litros de orina, así, en un periodo de un año cada vaca habrá depositado en nuestros suelos poco más de 9 toneladas de estiércol y casi 5.5 toneladas de orina. Ahora, si tenemos una capacidad de carga de 2 vacas por hectárea, significa que estaremos depositando en nuestro suelo 29,200 kg de excretas por hectárea por año; hasta ahora no hay algún ganadero que aplique esa cantidad de abono de ningún tipo en sus potreros, ni en base a materia seca. Es un sistema de fertilización/nutrición insuperable.

En el pastoreo convencional extensivo, la vaca decide dónde y qué come, lo ideal es que el ganadero le indique a la vaca dónde y qué es lo que debe comer. Este es el primer cambio en el pastoreo, después viene el reposo, la piedra angular del Pastoreo Racional Voisin.

Uno de los pilares del PRV son las cuatro leyes universales enunciadas por André Voisin en los años cincuenta: la ley del reposo, la de la ocupación, la de los rendimientos máximos y la de los rendimientos regulares y dicen lo siguiente (Voisin, 1957):

1. Ley del reposo

"Para que un pasto cortado por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que entre dos cortes sucesivos a diente haya pasado el tiempo suficiente, que permita al pasto:

- Almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un inicio de rebrote vigoroso.

- Realizar su "llamarada de crecimiento", o gran producción de pasto por día y por hectárea".

Resumiendo, es necesario que el pasto descanse lo suficiente entre un pastoreo y otro, para que la planta pueda recuperar las reservas en raíz. Estamos acostumbrados a dejar descansar el pasto según el tiempo que nos recomienda el técnico que nos ha vendido las semillas o cualquier otro agrónomo, que pueden ser 30, 40 o 50 días menos o más. Sin embargo, ¿por qué se le debe dar el mismo tiempo de reposo a todos los potreros (suponiendo que tienen el mismo pasto), si todos los factores que definen el desarrollo de la hierba (fertilidad y tipo de suelo, sombreo, pendiente, retención de agua, etc.,) son dinámicos en tiempo y en espacio?

2. Ley de la ocupación

"El tiempo global de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto como para que un pasto cortado a diente, el primer día (o al comienzo) de la ocupación, no sea cortado nuevamente por el diente de los animales antes de que estos dejen la parcela."

Esto no significa que se debe estar cuidando que una vaca no coma la planta que la vaca anterior acaba de comer, se refiere a que la ocupación no sea tan larga que permita a las vacas (o cualquier otro animal pastoreado) cortar el rebrote del pasto.

Aquí se liga con la Ley del reposo. El pasto sería cortado antes de haber recuperado sus reservas y lograr la "llamarada de crecimiento", debilitando cada vez más a las plantas, hasta llegar al punto en que el ganadero se da cuenta que ahora su potrero ya no le da, ni la calidad ni la cantidad de hierba que antes y se ve obligado a sembrar de nuevo, actividad nada barata.

3. Ley de los rendimientos máximos

"Es necesario ayudar a los animales con exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de pasto y para que éste sea de la mejor calidad posible".

Esta es la ley universal que indica que el ser humano tiene que decidir en dónde pastorean los animales. El ganadero, tomando en cuenta las dos primeras leyes, sabrá en qué parte de su rancho se encuentra el mejor pasto, en cantidad y calidad.

Con esta ley universal se rompe la rotación secuencial que se sigue cuando se practica pastoreo rotacional ya que como dice la Ley de reposo, los potreros no alcanzarán su "punto óptimo de reposo" al mismo tiempo. Esto obliga a buscar entre todos los potreros, cuál es el mejor ese día, para que los animales sean conducidos a pastorearlo.

También de esta tercera ley se desprende la famosa práctica llamada "despunte y repaso", en la cual 30% del lote (nunca más de eso) con mayor requerimiento nutricional, entra primero a despuntar un potrero, a comer lo mejor para obtener mejores rendimientos. El otro 70% del hato entra después a "repasar".

4. Ley del rendimiento regular

"Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es necesario que no permanezca más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos si la vaca no permanece más de un día en una misma parcela".

Primero, es importante aclarar que por "regular" Voisin se refiere a rendimiento "estable". Un breve análisis merece este escenario ya que muchos ganaderos han pasado por él: ingresan las vacas lecheras a un potrero nuevo, al siguiente día la cosecha de leche es espectacular. Conforme van pasando los días y las vacas están en ese mismo potrero, la producción de leche va disminuyendo. Ya cuando la producción ha bajado demasiado, se decide que es necesario cambiarlas de potrero porque la cantidad de leche producida no paga ni el sueldo de los empleados y el potrero se queda con mucho forraje. Por fin las vacas se cambian de potrero y la historia se repite. Se termina desperdiciando un porcentaje muy alto de forraje (entre 60 y 80%), a la vez que se compactan los suelos al permitir que las vacas deambulen por todo el potrero durante muchos días buscando las hierbas de mayor palatabilidad para comer.

Eso sucede porque conforme pasa los días el ganado en el mismo potrero, la calidad de hierba que ingresa

al rumen de la vaca es menor, así también la cantidad, pues cada día es más difícil cosechar la misma cantidad de forraje debido a que éste disminuye su palatabilidad. En cambio, si se hace pastoreo no selectivo y se ocupa poco tiempo la parcela, la calidad de la hierba que ingresa al rumen será la misma y de manera constante. Un rumen con calidad forrajera uniforme se mantiene estable.

La parte más interesante de esto es que, al hacer el pastoreo no selectivo, respetando las leyes universales del pastoreo racional, se comienza a alimentar al suelo, a promover los ciclos biológicos que se dan en él y los resultados se empiezan a reflejar casi inmediatamente. Los beneficios de trabajar con la naturaleza comienzan con la reducción del uso de la gran mayoría de insumos externos, simplemente porque ya no se necesitan. Antes se usaban herbicidas e insecticidas, ahora la vaca hace el trabajo de mantenimiento de praderas y, con el incremento de la vida y nutrición del suelo, se logra tener plantas bien nutridas, que con base en la teoría de la trofobiosis, no atraerán a las plagas.

Es entonces que se entra en esa espiral virtuosa de la que se habló antes ya que se comienza a aprovechar casi todo el forraje producido en el rancho. Con esto se pueden alimentar más animales con los mismos recursos, se depositan más excretas en el suelo y se promueve la abundancia de las comunidades de microorganismos que van a trabajar en conjunto con las plantas, fijando carbono y descompactando el suelo. Todo eso para producir plantas más abundantes, vigorosas y nutritivas, que serán consumidas por vacas más sanas que producirán productos de alta calidad nutricional, usando cada vez menos medicamentos de cualquier índole (antibióticos, vitamínicos, hormonales, etc.).

La carne y leche producidas bajo este esquema de ganadería regenerativa son de alta calidad, densa en nutrientes, libres de agrotóxicos; se trata de un alimento en toda la extensión de la palabra, prueba de ello es la gran cantidad de estudios que muestran el alto valor nutricional de los productos animales en pastoreo, además que éste es cada vez mayor conforme aumenta la diversidad de plantas existentes y consumidas en la pradera.

Conclusiones

Los ganaderos tienen en sus manos la herramienta más eficiente para hacer las tres cosas que deberían comandar los objetivos de cualquier empresa agropecuaria: regenerar su ecosistema y convertir sus suelos en grandes reservorios de carbono y agua, producir alimentos de excelente calidad nutricional para una población que hoy en día está desnutrida y tercero, para poder mantener los dos primeros objetivos es necesario generar rentabilidad ya que sin utilidades ninguna empresa perdurará. Eso es lo que se llama sustentabilidad.

Es necesario recalcar que depende del ganadero seguir degradando o comenzar a regenerar su empresa ganadera. No es necesario comprar un tractor, una máquina especial, algún insumo de alto costo, pero sí se debe hacer un pro-

yecto, una buena planeación, un buen análisis para conocer a fondo los recursos naturales, financieros, humanos y, sobre todo, los objetivos personales para poder diseñar un proyecto a la medida y así lograr la perpetuidad.

Entre la degradación y la regeneración de la ganadería hay un sólo y sencillo cambio y además con la misma herramienta: la vaca.

Referencias

Natural Resources Conservation Service Soil. 2013. *Health key points*. United States Department of Agriculture. http://www.nrcs.usda.gov.

Pinheiro, L. C. 2004. *Pastoreo Racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio.* Editorial Hemisferio Sur, Argentina.

Pinheiro, L. C. y Pinheiro, L. C. (Jr). 2016. *La dialéctica de la agroecología*. Editorial Hemisferio Sur, Argentina.

Schwartz, J. 2013. *Cows save the planet: and other improbable ways of restoring soil to heal the Earth*. Chelsea Green Publishing, Estados Unidos de América.

Voisin, A. 1974. *La productividad de la hierba*. Editorial Tecnos, Madrid.

PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD:
PASTOREO RACIONAL INTENSIVO

Eduardo G. Canudas Lara

En el trópico, la alimentación del ganado bovino está constituida casi en su totalidad por pasto, que es consumido de forma directa por el ganado, a través de sistemas de pastoreo. Aproximadamente 25% del área del mundo son terrenos de pastizales, donde viven y se alimentan miles de animales bajo pastoreo, esto indica la importancia de ese sistema de producción animal, donde el ganado es el cosechador del alimento forrajero. Muchas de esas áreas, si no fuera por los animales simplemente no se podrían utilizar, debido a las pendientes elevadas o a la gran cantidad de piedras, rocas, peñascos y otros factores topográficos que harían imposible su utilización. El planeta Tierra tiene unos 3,725 millones de hectáreas (ha) de pastizales que proporcionan entre 90 y 100% de la alimentación de las miles de especies y millones de animales que ahí habitan. Eso demuestra la gran importancia de las plantas forrajeras en todo nuestro sistema de alimentación y medio ambiental, es por eso que debemos aprender a producir y manejar las áreas de pastizales de manera sostenible a través de un buen sistema de pastoreo.

El inadecuado manejo e irracional utilización de las praderas, son los factores que más limitan, afectan y hacen insostenible la producción de carne y leche; el mal manejo de las praderas puede reducir la utilización del pasto entre un 50 a 100%. Este manejo inadecuado ha llevado a la degradación de los recursos naturales, por lo que es necesario implementar sistemas de pastoreo sostenibles. En pastizales mal manejados la pérdida del suelo superficial puede ser de 6 a 12 toneladas por hectárea al año (Wight y Siddoway, 1982), en comparación con 0.08 toneladas por hectárea al año en áreas cubiertas con pasto bien manejadas (Pimentel *et al.,* 1986).

El nivel promedio de la producción total por hectárea, de leche y carne bajo pastoreo, es por lo general del 10 al 50% de lo que se puede lograr con un manejo intensivo de pastoreo; esto si se produjera un 10% del potencial de la producción, podríamos producir 10 veces más de lo que se está produciendo; en el caso de producir un 50%, como los ganaderos que ya manejan mejor su potrero, podrían aumentar la producción actual al doble. En la zona central del estado de Veracruz, México, la producción promedio anual de carne es de 250 kg/ha y con sistemas intensivos de pastoreo, sin fertilización y con una suplementación proteica-energética de solamente 0.3 a 0.5% de su peso vivo (PV), la producción incrementa a

1,000 kg/ha/año de carne y con sistemas intensivos de pastoreo, con fertilización, riego y también con 0.3 a 0.5% de suplemento proteico-energético, se han logrado producciones de carne mayores a los 2,500 kg/ha/año.

Por lo tanto, se puede decir que los modelos actuales de producción de leche y carne en pastoreo, además de que no son muy productivos han causado graves problemas de contaminación del agua y del suelo, teniendo como secuela una disminución en la producción de la planta forrajera. Como resultado, la ganadería, la agricultura, la agroindustria y toda la actividad humana que les acompañan, contribuyen a la crisis ambiental que vive actualmente todo el mundo.

Durante las últimas décadas, los países latinoamericanos adoptaron el paradigma del crecimiento económico, conocido como la "revolución verde", que inició en México en el año de 1943 por Norman E. Borlaug (Lamo, 2005). Esta "revolución" hizo énfasis en lograr resultados económicos a corto plazo, sin importar la integridad de los agroecosistemas ni el uso racional y eficiente de los recursos naturales.

Los rumiantes, principalmente los bovinos, ovinos y caprinos, son útiles en convertir una gran cantidad de recursos renovables provenientes del pastizal natural, pasturas y residuos de cosecha, u otros subproductos, en alimento de muy buena calidad para los humanos; esto es, recursos alimenticios que no pueden ser usados en forma directa por el hombre (Oltjen, 1986). Uno de los problemas más críticos que enfrenta el mundo es el manejo inadecuado de los residuos producidos, tanto en el sector rural como en el urbano e industrial. Estos materiales habitualmente se eliminan sin un tratamiento previo, por lo que pueden constituirse en agentes contaminantes de considerable alcance; afectando a los ecosistemas, alterando el equilibrio ecológico y la calidad de vida.

La producción ganadera genera desechos (excretas, sobrantes de alimentos, agua de limpieza, entre otros) que son altamente contaminantes debido a que contienen materia orgánica, microorganismos y residuos de fertilizantes químicos y de pesticidas que dañan seriamente al medio ambiente. Decara *et al.* (2004) citan que desalojar estos productos, en estanques o ríos, conlleva entre muchos otros problemas a la disminución del oxígeno disponible derivado de su descomposición y además propicia el aumento de contenidos de amonio en el agua. Eso provoca la muerte de los organismos acuáticos y además amenaza la vida terrestre al ser consumida el agua por personas, animales y plantas (Gigena y Tribaldos, 1998).

La escasez del agua dulce se está convirtiendo en uno de los problemas más críticos de recursos naturales que enfrentan los ganaderos y en general toda la humanidad. En los ranchos ganaderos, aunque se disponga de pozos para extraer el agua se requiere de tiempo y trabajo. Si se tiene energía eléctrica, ésta es costosa y muchas veces falla el suministro en las zonas rurales; bombear agua con un generador de gasolina o diésel es estrictamente incosteable, por el alto costo de estos combustibles y el mantenimiento de las motobombas.

Es importante tener conciencia de que una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua se refiere al aprovechamiento eficiente de la precipitación pluvial, es decir, el agua de lluvia. A pesar de que existen técnicas sobre captación y aprovechamiento del agua de lluvias, generadas hace miles de años, éstas son poco utilizadas. Lo anterior sugiere que es importante llevar a la práctica esa milenaria tecnología; un milímetro de lluvia en un metro cuadrado equivale a un litro de agua, o a 10 mil litros por hectárea. Por tales motivos es importante poner en práctica la tecnología de curvas de nivel que utilizaba el imperio Inca y otros imperios. Hoy en día, el término "línea clave" o *keyline*, es usado para combinar la captación y conservación del agua de lluvia con técnicas de regeneración de la tierra, usando sistemas de Pastoreo Racional Intensivo, con la siembra estratégica de árboles que secuestran bióxido de carbono y fijadores de nitrógeno, uso de micorrizas y otros microorganismos benéficos en el suelo.

El área de captación es la superficie sobre la cual cae la lluvia, que en el caso ganadero serían las galeras de las áreas de ordeña, bodegas o casas habitación, para lo cual se debe calcular la superficie adecuada de dichas áreas, dependiendo de la precipitación pluvial y la demanda de los productores en particular. Esta agua se puede almacenar en tanques o cisternas de plástico o ferrocemento ya que estas últimas son rápidas de cons-

truir y los materiales se obtienen fácilmente. Otra alternativa es hacer presas para la acumulación del agua que escurre sobre los potreros, como una fuente de agua para el ganado o para un área de riego ya sea para la producción de pastos u otras plantas, como las hortalizas. Las presas se deben construir dependiendo de la pendiente del terreno, para captar la mayor cantidad de agua sin tener ningún riesgo de erosión, como es la práctica de la línea clave que ya se mencionó. Se debe considerar, la disponibilidad y costos de los nuevos materiales para revestir las presas, como son las geomembranas. Sin embargo, es importante que los materiales para la construcción de las superficies donde se va a captar el agua de lluvia no desprendan olores y sustancias que puedan contaminarla y siempre es preferible que se construyan con materiales naturales.

La empresa agropecuaria de producción de carne o leche se tiene que manejar como un sistema ya que está formada de un conjunto de elementos relacionados entre sí, de tal forma que un cambio en cualquier elemento de ese sistema afecta a todo el conjunto, de forma directa o indirecta. Este es un aspecto importante para reflexionar, ya que si afectamos un elemento por insignificante que parezca, afectamos todo el sistema de producción. Por ejemplo, ¿qué tanto podrá afectar un escarabajo estercolero en el sistema de producción ganadera? Bien, si se usan desparasitantes a base de ivermectinas se inhibe la reproducción de estos organismos que reciclan las heces del ganado al suelo; en consecuencia se crea un desbalance en el sistema que afecta la fertilidad y aireación del suelo, lo que a su vez ocasiona una disminución en la producción de forraje y carne, por lo tanto, se tendrán menos ingresos que podrían hacer que la empresa no sea rentable y por consiguiente no sostenible.

Los sistemas no tienen ni principio ni fin, realmente son infinitos, pero para su estudio el sistema agropecuario se forma de tres macroelementos: suelo-planta-animal, los elementos de mayor influencia en el sistema ganadero o sistema de producción de leche y/o carne. También es importante incluir el macroelemento ingresos, ya que para que el sistema sea sostenible se necesita tener ingresos, además para que sea rentable (Figura 1*a*).

El suelo está compuesto de muchos elementos (es un gran sistema), como los minerales que forman las partículas del suelo en sus diferentes tamaños, como son las arenas, limo y arcillas, que conforman suelos con propiedades muy variadas. Otros elementos muy importantes en el sistema suelo son el agua y el aire, así como todos los microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, lombrices, hormigas, escarabajos, entre muchos) que lo forman. Es importante hacer notar que el suelo está vivo y es el responsable de la mineralización de las partículas contenidas en él, así también de la descomposición de la materia orgánica (MO) para convertirla en humus, que junto con los minerales servirán para nutrir a las plantas. La interacción de todos estos elementos provee de salud y fertilidad al sistema suelo. Pero, si se usan insecticidas, herbicidas, nematicidas, fungicidas o cualquier otro "veneno", se afectará la vida y desarrollo sano del suelo, lo que reducirá la producción y, por consiguiente, los ingresos y rentabilidad de la empresa agropecuaria.

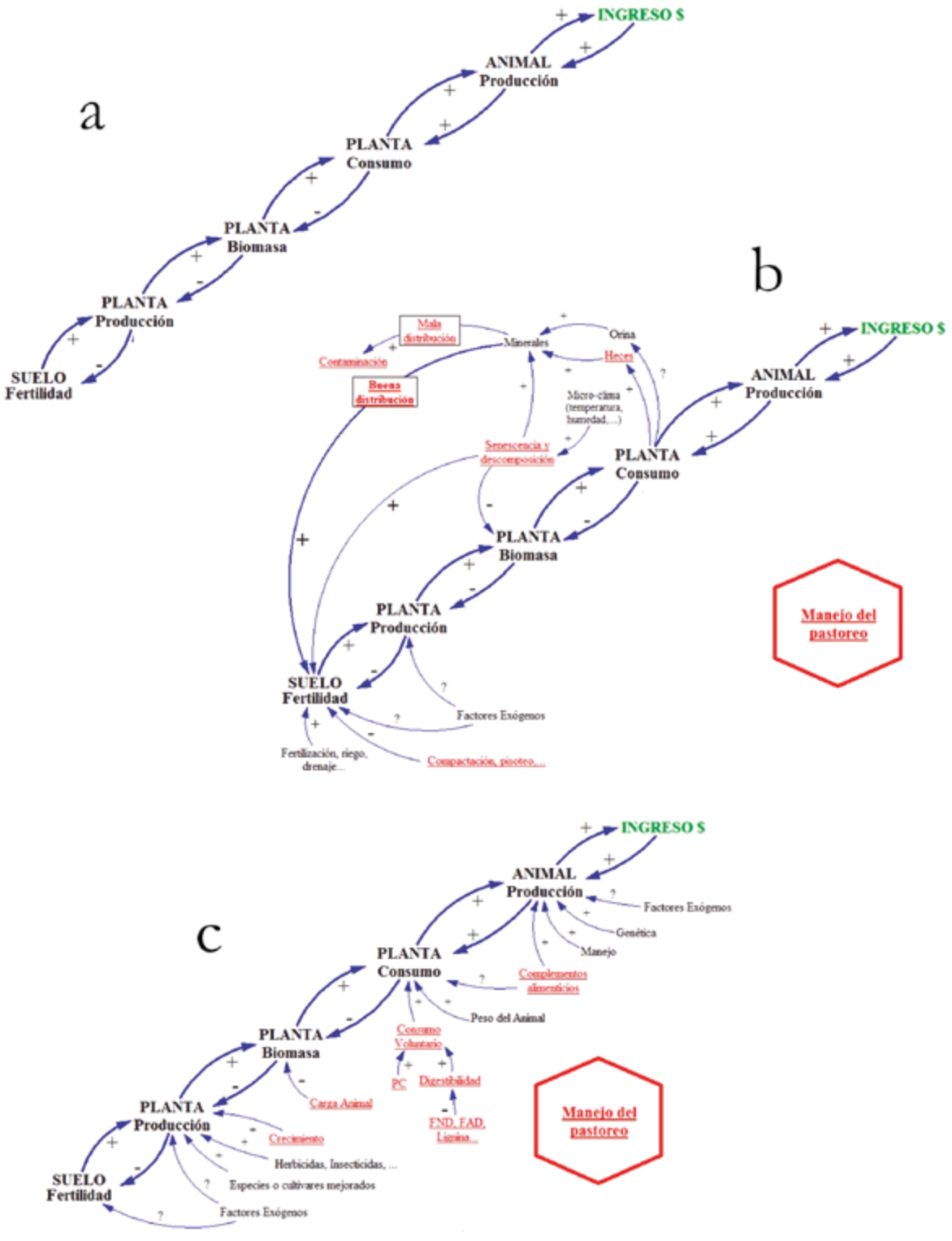

Figura 1. Sistema suelo-planta-animal e ingresos.

Posteriormente, el macroelemento planta, se divide para su estudio en tres subelementos: producción, biomasa y consumo. Esto es, a mayor fertilidad mayor producción de planta y, entonces, mayor biomasa, que causará mayor consumo de planta, lo que tendrá en consecuencia mayor producción por animal y finalmente causará mayor ingreso económico.

Como los sistemas no tienen ni principio ni fin, bien se podría empezar por analizar el factor ingresos, siempre bajo la consigna: cuando hay mayor ingreso es porque hay una mayor producción por animal y por consiguiente hay un mayor consumo de planta que, en consecuencia, tendrá menor biomasa que causará mayor producción de planta (una planta produce más cuando es consumida y entonces vuelve a crecer, de lo contrario, si no se consume se envejece y crece menos), que finalmente requiere más minerales del suelo y disminuye su fertilidad. Nótese que se trata de un punto o elemento sumamente crítico del sistema, ya que la fertilidad baja causará menor producción de planta y de biomasa, y menor consumo y producción animal, lo que provocará un menor ingreso. Eso podría pasar por varias razones, una es por la reducción de vida de los micro y macroorganismos del suelo, o por la adición de químicos al suelo y otra es por la mala distribución de las excretas en el terreno donde los animales están pastoreando (Figura 1*b*).

El problema de la destrucción de la fauna del suelo se puede detener evitando voltear el terreno con un arado, exponiendo la fauna al sol y a los depredadores como las aves, así como dejando de usar fertilizantes químicos y pesticidas, que son un veneno para los macro y microorganismos. El problema de la mala distribución de las excretas se puede evitar con un buen manejo, a través de un sistema de Pastoreo Racional Intensivo (PARI). Esto es, de los nutrientes que el animal consume, más del 80% son excretado en forma de heces y orina que servirá para fertilizar el suelo a través de los microorganismos que se alimentan de esos residuos, convirtiendo esa materia orgánica (que no puede ser utilizada por la planta) en humus, que ahora sí funciona como un excelente fertilizante orgánico para las plantas. Además, los microorganismos producen ácidos orgánicos que mineralizan las partículas del suelo y liberan otros elementos para que puedan ser utilizados como nutrientes por la planta.

Un aspecto importante de recalcar en la figura 1 *b* y *c*, son los elementos que son intensamente influenciados por los sistemas de pastoreo, pero antes hay que definir estos sistemas. Solo hay dos sistemas de pastoreo: el pastoreo continuo y el pastoreo rotacional. El sistema continuo es aquel en donde los animales son confinados en un potrero (sin divisiones) toda la temporada de pastoreo, aunque la realidad es que los ganaderos cuando menos tienen dos potreros donde rotan a los animales, por lo tanto, estrictamente hablando el pastoreo continuo no existe. Por otro lado, el sistema rotacional puede tener muchas variantes que dan resultados muy diferentes en los elementos del sistema de producción ganadero, por lo que se han subdividido en dos sistemas de pastoreo: 1) el sistema rotacional lento o semicontinuo y 2) el sistema de Pastoreo Racional Intensivo (PARI). El primero, es cualquier sistema de rotación donde los animales pastorean en un potrero por más de tres días, por lo que pueden consumir el rebrote de la planta forrajera que recién acaban de pastorear. El sistema PARI es un método simple para utilizar el pastizal de manera sostenible, porque recicla uniformemente las excretas en el potrero donde pastan los animales y éste es un excelente fertilizante orgánico; aquí la planta es pastoreada entre uno a tres días ya que no se les permite pastorear los rebrotes (respetando el ciclo de crecimiento), así al animal se le raciona la comida, pero come diariamente un pasto joven y por consiguiente digerible y con alto valor nutritivo. Como resultado del sistema PARI el ganadero tiene más ingresos económicos en su empresa agropecuaria, porque produce pasto para que los animales lo transformen en carne o leche.

El manejo es un factor importante para que el sistema de ganadería sea o no sostenible. En definitiva, ¿qué queremos que suceda en este sistema?: 1) que el pasto crezca más para que haya una mayor producción; 2) que haya menos compactación en nuestros potreros y que nuestro suelo esté bien aireado; 3) que la carga animal sea alta, ya que entre más animales haya mayor producción de carne (kg/ha/año); 4) que el animal consuma más forraje para que produzca mayor cantidad de carne o leche; 5) que el concentrado que le suministren al ganado sea un complemento y no un suplemento, es decir, que no se supla forraje por concentrado y 6) que el excremento que se recicla del ganado quede bien distribuido en los potreros, para

que sirva como fertilizante orgánico, es decir, que queden todas las heces y orina bien distribuidos en el terreno. Es importante enfatizar la importancia de este último punto, ya que aunque los seis factores son indispensables para una ganadería sostenible y rentable, la fertilidad y materia orgánica del suelo es un punto crítico en el sistema ganadero que se logra con el sistema de Pastoreo Racional Intensivo (PARI), siempre y cuando se respeten las leyes de ese sistema que ahora se mencionarán.

El sistema PARI beneficia a seis macroelementos del sistema ganadero

El pasto crece más porque con este sistema se logra una carga animal instantánea o inmediata (CAi) alta, por consiguiente habrá una mejor utilización del pasto. Éste será consumido en un 80 a 90% y el crecimiento o rebrote será más rápido y vigoroso que si solo es consumido un 20 a 30%, como en el pastoreo rotacional lento o semicontinuo, por falta de presión de pastoreo. Es recomendable no hacer un pastoreo que consuma el 100% del forraje de la pradera ya que ésta tardará más tiempo en recuperarse por la reducción de las reservas de la planta, por lo que puede ser invadida por plantas de menor calidad, además de que los animales estarán bajo estrés por falta de alimento, produciendo menos carne o leche.

Hacer un PARI, por ejemplo con un ciclo de pastoreo de 30 días, implica que cada potrero que se pastorea en cada ciclo, será utilizado o pastoreado solo 12 veces o 12 días por año, quedando 353 días en descanso. Por lo tanto, aunque se tenga una CAi muy alta (más de 200 o 300 animales/ha), solo se tendrán 12 días de pisoteo de animales, cuyas heces quedarán bien distribuidas e integradas al suelo gracias a la acción de los escarabajos estercoleros (Figura 2), lo que aunado al crecimiento de las raíces permitirá la descompactación del suelo.

Con el sistema PARI la carga animal es mayor, pero se tiene una mejor utilización del pasto por la competencia de pastoreo, en otras palabras, se desperdicia menos forraje y, por lo tanto, hay mayor producción de carne o leche en kg/ha/año.

En el sistema PARI la planta forrajera se consume cada 20 a 40 días en temporada de lluvias, o cada 40 a 60 días en temporada de secas, lo que permite que el pasto tenga menos carbohidratos estructurales (FDN), por lo que es más digerible. A mayor digestibilidad hay mayor consumo voluntario y entre mayor consumo hay mayor producción de carne o leche.

En este sistema es muy importante hacer los cambios de potrero un poco antes de que amanezca, ya que el mejor periodo de pastoreo es por la mañana (de 6 a 9 am) y el complemento se debe proporcionar a mediodía (de 12 a 1 p.m.), poco antes de que los animales empiecen a rumiar y así tomen el complemento o suplemento con gusto y quede integrado a su consumo voluntario total, es decir, comen más y producirán más.

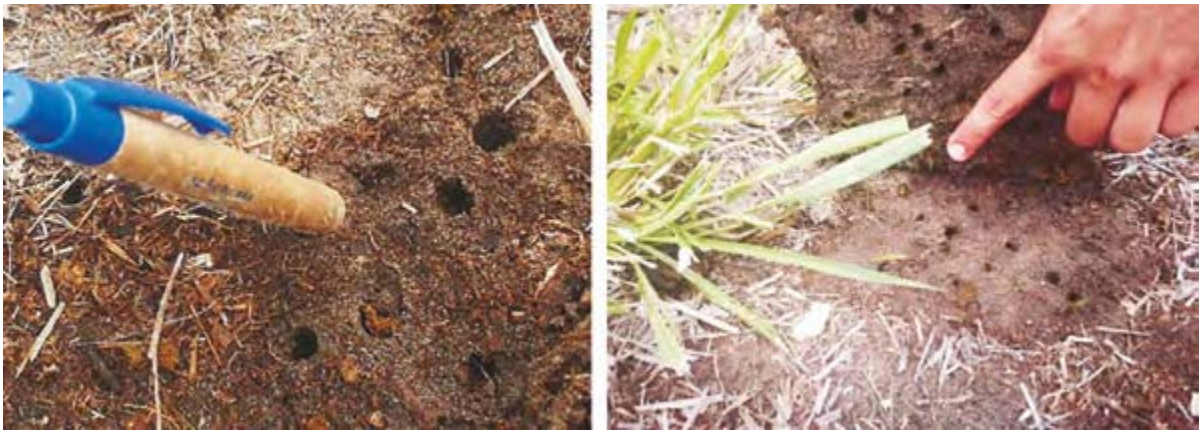

Figura 2. Efecto de los escarabajos estercoleros en la aireación y descompactación del suelo y excelente fertilización orgánica.

Finalmente, el PARI, al tener alta CAi las heces y orina quedan bien distribuidas en el terreno y como los rumiantes excretan del 80 al 100% de los nutrimentos que comen, la fertilización de los potreros será muy alta. Por ejemplo, en el caso del nitrógeno (N), si se tiene que un pasto necesita para su desarrollo 500 kg/ha/año de N, después de ser consumido se reciclará en las heces y orina cuando menos unos 400 kg/ha/año, los faltantes 100 kg de N los debe obtener a través de las bacterias diazotróficas (aquellas que fijan nitrógeno atmosférico en una forma más disponible como el amonio), que debe haber en abundancia en el suelo, siempre que no se usan venenos o fertilizantes químicos, como en el caso de los pesticidas o de la urea.

¿Cuáles serían las condiciones que requiere cada elemento del sistema ganadero para mantener la mayor producción en equilibrio?: 1) para el suelo mantener la fertilidad, diversidad y vida de éste; 2) para la planta que el ganado la consuma en su mayor parte cuando termine su ciclo de crecimiento, es decir, que no la consuma cuando la planta está creciendo o rebrotando, sino dejar que termine su ciclo de crecimiento para que cargue sus reservas de energía y volver a crecer después del siguiente pastoreo y 3) para el animal que coma forraje de buena calidad y digestibilidad, para que tenga un mayor consumo voluntario y produzca más leche y carne sobre la base de alimento más barato, como son los pastos, las leguminosas y otras plantas. Y, por supuesto, que el ganadero tenga el mayor ingreso y rentabilidad posible, sin afectar los recursos humanos, así como los recursos materiales y financieros.

Es importante mencionar que con este sistema de pastoreo los animales son menos selectivos y consumen prácticamente todas las especies de plantas del potrero, por lo que la búsqueda de alguna planta "maravilla" pasa a un segundo término, así como las malezas ya que hasta las plantas llamadas indeseables, serán consumidas y proporcionarán nutrientes al animal. En cuanto al animal se refiere, hay que buscar cruzas de ganado, de buena genética, que sean resistentes al medio ambiente tropical.

Ya se mencionó sobre la gran extracción de nutrientes del suelo por parte de las plantas forrajeras y la cantidad que se puede reciclar al suelo a través de las excretas del animal. Vicente-Chandler *et al.* (1974), mencionan que un pasto forrajero puede extraer una gran cantidad de minerales para su producción; por ejemplo, el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) es capaz de producir 30 toneladas por hectárea al año de materia seca, para esto extrae del suelo 480 kg de nitrógeno, 117 kg de fósforo, 361 kg de potasio y 168 kg de calcio, entre otros elementos. Reponer esos minerales en forma de fertilizantes químicos implicaría, en el caso del nitrógeno, aplicar más de una tonelada de urea, lo que sería muy costoso y dañino para el suelo y el medio ambiente. Lo anterior resalta aún más la importancia del Pastoreo Racional Intensivo ya que las excretas que proporcionan esas altas cantidades de compuestos, para que puedan ser aprovechadas por las plantas deben quedar bien distribuidas en el terreno.

Entonces, para lograr un sistema de producción animal sostenible y rentable es importante el uso de un sistema de Pastoreo Racional Intensivo (PARI), pero para tener éxito es necesario respetar las cuatro leyes del sistema PARI:

- Permitir un desarrollo adecuado de la pradera (respetar el ciclo de crecimiento).
- Pastorear en un día (máximo tres).
- Dejar algo de hoja después del pastoreo (10 a 20% de planta).
- Tener reservas de forraje para la época de secas o estiaje.

Con respecto a la ley 1, las plantas y prácticamente todos los seres vivos crecen siguiendo una curva sigmoidea (Figura 3) y ésta regularmente se divide en tres etapas: 1) en la etapa I el crecimiento es lento aunque la calidad de la planta es muy buena, pero hay que evitar que el ganado la pastoree muy tierna ya que se debilita causando el deterioro de la pradera, situación que aprovechan otras plantas forrajeras menos deseables conocidas como malezas, que se fortalecen y dominan el pastizal; 2) sigue una etapa de rápido crecimiento (etapa II) todavía de buena calidad, es muy importante no pastorear durante esta etapa ya que además de desaprovechar la gran cantidad de forraje que se está produciendo, la planta todavía no ha recargado sus reservas de energía (carbohidratos) en los tallos aéreos, estolones, rizomas y otros puntos de crecimiento, como la corona o el macollo, que necesitará para volver a crecer después del pastoreo; 3) el punto óptimo de pastoreo es al final de esta etapa, o antes de que empiece la siguiente. La etapa III es cuando la tasa de crecimiento empieza a disminuir hasta llegar a cero, en este momento la planta empieza a envejecer y la producción neta disminuye, es decir, es mayor la pérdida por envejecimiento y descomposición que la que se fotosintetiza, la planta forrajera baja notoriamente su valor nutritivo, obviamente no se debe llegar a esta etapa, por lo que el potrero debería ser pastoreado antes, es decir, a principios de la etapa III.

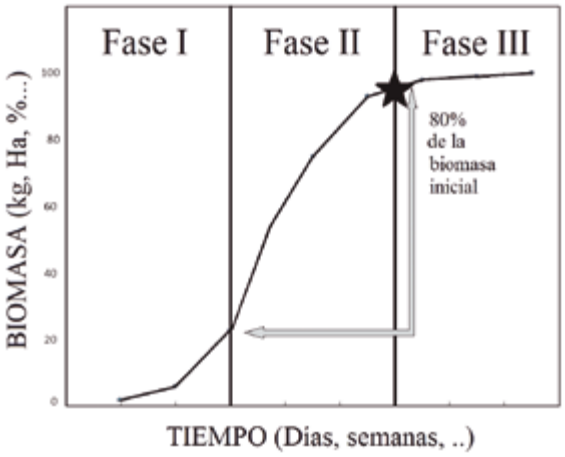

Figura 3. Curva sigmoidea del crecimiento de la planta forrajera u otros organismos vivos. En la etapa II se produce la mayor cantidad de biomasa y al final de esta fase se da el punto óptimo para pastorear (estrella).

Con respecto a la ley 2 se debe utilizar una carga animal instantánea (CAi) alta, lo suficiente para que en un periodo de un día (máximo tres), el ganado consuma del 80 al 90% del forraje o biomasa total.

Esta alta CAi se logra reduciendo el área de pastoreo o metiendo más ganado al potrero. Regularmente la

opción más práctica y factible es reducir el área de pastoreo acorde a la cantidad de forraje o biomasa total del potrero.

En lo que concierne a la ley 3 hay que respetar cuando menos un 10% de superficie foliar residual después del pastoreo, para que la planta inicie en menor tiempo su actividad fotosintética y produzca nuevos rebrotes después del pastoreo. Si se consume el 100% del forraje en el potrero, además de estresar al ganado por forzarlo a comer al ras del suelo, el alimento es insuficiente y regularmente no llena sus requerimientos diarios de materia seca. El rumiante, para compensar esto, tiene que caminar más y dar mayor número de mordidas por día, lo que implica un mayor gasto energético para su mantenimiento y una menor producción de leche o carne. También es desfavorable para el potrero dejar más del 30 a 40% de plantas ya que éstas envejecerían, producirían menos biomasa y su calidad disminuiría drásticamente. Por eso, es muy importante hacer una buena utilización de la pradera para promover el crecimiento y producción de forraje de calidad.

La importancia de la ley 4 en un manejo PARI, consiste en utilizar al máximo los potreros durante la época de abundancia (con lluvias, calor y días largos con mucha energía solar), pero que no haya escasez en la época de estiaje (seca, fresca a fría y días cortos con poca energía solar). Para ésto es necesario conservar los excedentes de forraje durante la época de abundancia, o tener otra área para producir forraje para la época de estiaje. Esta conservación de forraje puede ser en forma de ensilaje, heno o en pie (bancos de biomasa), como la caña de azúcar fresca picada con urea al 1%, u otros pastos como el taiwan, CT-115, Cuba-22, etc., pero siempre recordar que los pastos tropicales se lignifican con la edad y bajan su valor nutritivo. Este es un aspecto sumamente importante en la ganadería ya que siempre existe la estacionalidad anual en la producción de los pastos, con un excedente de forraje en una época y escasez en otra. Otra opción para complementar la alimentación durante los periodos de escasez pueden ser los subproductos agroindustriales, como la cáscara de naranja o de piña, desechos de plátano, etc., dependiendo de los costos de compra y traslado ya que para que la ganadería sea sostenible tiene que ser rentable.

Pastoreo Racional Intensivo: caso de estudio

El presente estudio se realizó en el ejido Lomas del Porvenir, municipio de Medellín, Veracruz, a 10 km del Puerto de Veracruz, México. El clima es cálido-seco, con una temperatura media anual de 25 °C. Tiene una precipitación promedio anual de 1 700 mm, pero con una época de lluvias bien definida de junio a septiembre, cuando recibe 90% de la precipitación anual.

La superficie destinada para realizar el estudio fue de 9.2 ha de pasto taiwan (*Pennisetum purpureum* Schum.) con fertirriego (Figura 4*a*) y de 12 ha de pasto guinea (*Panicum maximum* L.) de temporal (Figura 4*b*). El fertirriego consiste en cintillas espaciadas cada 1.5 m, paralelas a los surcos del taiwan y enterrada a 30 cm de profundidad, por donde se le suministra el agua y el fertilizante.

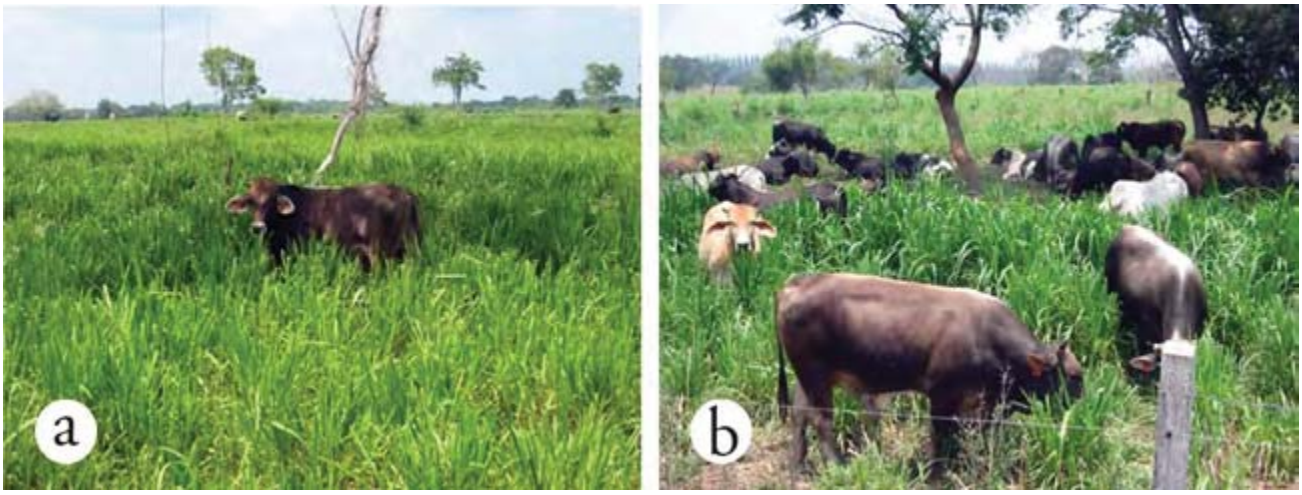

Figura 4. a) Terreno con pasto taiwan con fertirriego, b) pasto guinea de temporal.

En los dos casos el pastoreo fue racional intensivo, permitiendo que los animales se cambiaran de potrero diariamente, para que tuvieran oportunidad de comer planta nueva cada día y así a la planta forrajera se le respetaba su ciclo de crecimiento, dándole oportunidad de fotosintetizar y recargar sus reservas energéticas después de cada pastoreo.

Además, los animales se suplementaron con 1% de su peso vivo (PV) con un alimento balanceado al 16% a base de proteína cruda (PC), compuesto de 36.5% de sorgo molido, 36.5% de pollinaza, 13.3% de melaza, 6.8% de harina de rastro de aves, 2.6% de aceite, 2.3% de sal común, 1% de sal mineral y 1% de bicarbonato de sodio.

Durante la época de menor crecimiento de la planta, cuando se presentan vientos fuertes y días cortos (enero a mayo), los animales recibieron de 1.5 a 3.0 kg MS/día (5 a 10 kg en verde con 1% de urea) de caña de azúcar completa y picada con 3% de urea. Otro aspecto fundamental en el manejo del pastoreo es el reciclaje de nutrientes. Las heces y la orina son muy importante, ya que permite se reciclar los nutrientes y mantener la fertilidad del suelo, permitiendo que los sistemas de producción animal sean sustentables y económicos.

Los objetivos del trabajo fueron: 1) determinar y comparar la rentabilidad del uso de esta tecnología; 2) disminuir costo de producción y gastos operativos; 3) intensificar la ganadería en el trópico y 4) competir en el mercado internacional con calidad y precio.

Las metas con el uso del taiwan con fertirriego fueron engordar 200 becerros de 225 a 350 kg en un año y producir 2,500 kg/ha/año de carne. Las metas con el uso del pasto guinea de temporal fueron engordar 100 becerros de 225 a 350 kg en un año y producir 1,250 kg/ha/año de carne.

El taiwan se regó con cintilla de goteo (Figura 5). Este riego es una mejora tecnológica importante que contribuye a aumentar la productividad de los recursos naturales, de una manera muy eficiente. Entre las ventajas de este sistema de riego están: 1) uso de menor cantidad de agua, debido a que se suministra por medio de una banda uniforme de humedad, en la zona radicular del taiwan, evitando pérdidas por evaporación y escurrimiento (Figura 6); 2) funciona a presiones muy bajas (0.3 a 1.05 Bar), por lo que requiere bombas de agua de bajo caballaje y ahorra consumo de energía eléctrica; 3) los riegos son frecuentes, por lo que se mantiene un nivel óptimo de humedad, lo que implica una baja tensión de agua en el suelo; 4) se fertiliza también frecuentemente ya que cada vez que se riega se aplica la dosis de fertilizante a través del riego; 5) ahorro en los costos de mano de obra ya que con este riego no se mueve tuberías y una sola persona puede regar y fertilizar grandes superficies de terreno; 6) se pueden obtener buenas producciones en suelos pobres ya que

Figura 5. a) Cabezal de un sistema de fertirriego, b) cintillas para fertirriego.

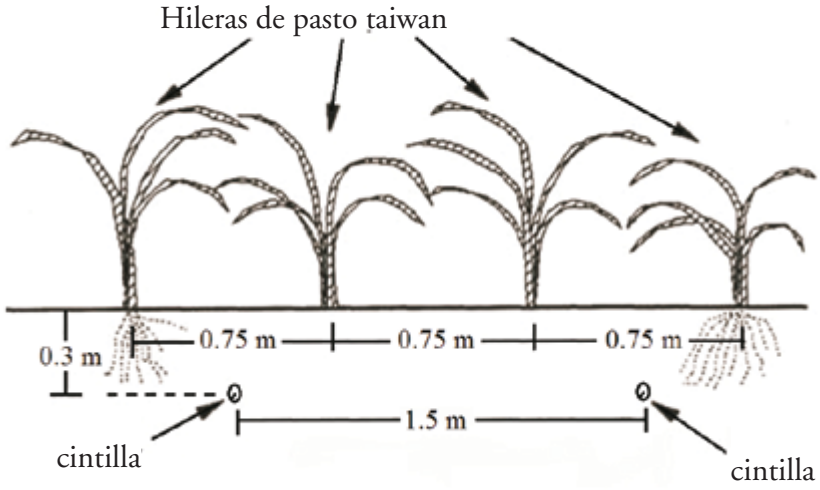

Figura 6. Representación de la distribución y localización en campo de las cintillas de riego.

este riego es una especie de hidroponia, donde se les puede suministrar agua y minerales a la planta de una manera muy eficiente.

Los resultados se obtuvieron del 1 de enero del 2000 al 20 de enero del 2001, consistentes en tres engordas durante este periodo de tiempo. La primera fue del 1 de enero del 2000 al 18 de mayo, la segunda del 18 de mayo al 4 de agosto y la tercera del 13 de agosto al 20 de enero del 2001 (Cuadro 1). En este periodo se mantuvieron entre 55 a 80 toretes, permanentemente, en las 9.2 ha bajo pastoreo con taiwan y entre 25 a 50 toretes con el guinea. La carga animal en promedio fue de 7 animales/ha o 4.8 UA/ha, por su parte, la carga animal del guinea fue de 2.6 animales/ha o 1.8 UA/ha. La ganancia diaria promedio de los animales en todo el

Cuadro 1. *Parámetros productivos para el pasto taiwan con fertirriego y pasto guinea de temporal, bajo Pastoreo Racional Intensivo (PARI).*

Parámetro	Taiwan con fertirriego	Guinea de temporal
Número de hectáreas	9.2	12
Duración de las engordas (días)	376	376
Número de animales engordados	193	95
Número de engordas (por año)	3	3
Peso inicial promedio (kg/animal)	240	240
Peso final promedio (kg/animal)	374	368
Carga animal (animales/ha)	7.0	2.6
Carga animal (animales/ha)	4.8	1.8
Ganancia diaria de peso (kg)	1.09	1.05
Producción de carne (kg/ha/año)	2,766	1,017

año fue de 1.09 kg con el taiwan y 1.05 kg con el guinea. Esta ganancia diaria fue buena para sistemas de pastoreo en el trópico y se logró debido a que en el sistema de pastoreo intensivo la dieta estuvo compuesta de aproximadamente 75% de hoja, obtenida de forraje fresco consumido en potrero diferente cada día y a la suplementación del concentrado con 16% de proteína.

Es importante recalcar que, la calidad de los pastos tropicales es una fuerte limitante para la producción animal, por lo que en el pastoreo se requiere la suplementación con concentrados para aumentar la productividad del rancho; de otra manera la ganancia diaria promedio en pastos tropicales no podrá ser más de 600 gramos (Canudas, 1996).

La producción de carne por hectárea por año fue de 2,766 kg con el taiwan con fertirriego y de 1,017 kg con el pasto guinea de temporal. Aquí se demuestra cómo el uso de tecnología incrementa la productividad del rancho, realidad que no se percibe claramente en la ganancia diaria de peso por animal.

En el Cuadro 2 se tienen los resultados económicos por el uso del pasto taiwan con fertirriego y pasto guinea de temporal. Se obtuvieron ventas totales de carne por $938,953 pesos por el uso del taiwan y de $452,968 con el pasto guinea. Los costos de producción, respectivamente, fueron de $750,615 y $372,813 pesos. Esto dio una utilidad bruta de $188,338 para el taiwan y $80,155 para el guinea. Es importante recordar que no se pretende comparar solo entre el pasto taiwan y guinea ya que si el guinea hubiera sido evaluado con fertirriego la utilidad podría ser similar a la del pasto taiwan.

Cuadro 2. *Estado financiero del uso del pasto taiwan con fertirriego y pasto guinea de temporal, bajo Pastoreo Racional Intensivo (PARI).*

Parámetro	Taiwan con fertirriego	Guinea de temporal
Ventas totales	938,953	452,968
Costo de producción	750,615	372,813
Utilidad bruta	188,338	80,155
Gastos administrativos	10,068	10,068
Gastos de venta	260	140
Gastos financieros	47,968	23,559
Gastos diversos	0	0
Utilidad de operación	130,043	46,388
Participación de utilidades	6,502	2,319
Utilidad neta	123,541	44,068

Los costos de producción incluyeron todos los gastos relacionados directamente con la producción de carne, como: mano de obra, mantenimiento de praderas y equipo, depreciación, becerros, fertilizante, suplementación, medicinas, desparasitantes, garrapaticidas, etc. El mayor costo es el de becerros, el cual fue de 70% del costo total para el taiwan y 68% para el guinea, luego lo siguió el costo de alimento que fue de 13% para los dos casos, posteriormente la mano de obra que fue de 3.5% para el taiwan y 7% para el guinea, los gastos financieros fueron del 6%, los costos de mantenimiento del 3%, medicinas, desparasitantes y garrapaticidas menos del 1%, etc. También hay otra serie de gastos, como son los administrativos, de venta, financieros y diversos, que sumaron $58,296 para el taiwan y de $33,767 para el guinea; estos gastos incluyeron los sueldos del contador, servicios de la oficina, guías de tránsito, flete de ganado, intereses bancarios y cooperaciones diversas. Como resultado, después de sustraer los gastos de operación se obtuvo una utilidad de operación de $130,043 pesos para el pasto taiwan con fertirriego y de $46,388 para el pasto guinea de temporal. Finalmente, se dio participación de utilidades al trabajador, que fue del 5% sobre la utilidad de operación y se obtuvo la utilidad neta, es decir, la utilidad para el ganadero, ésta fue de $123,541 pesos para el taiwan y de $44,068 para el guinea. Es importante incluir el rubro de participación de utilidades y que los trabajadores entiendan que entre mayor sean las utilidades para el ganadero o los socios del rancho, ellos también recibirán mayor cantidad de dinero y así se logra un equipo de trabajo que ayuda a aumentar las utilidades de la empresa.

El estado financiero reporta datos económicos muy importantes, pero no indica si la utilidad neta es alta o es baja, o qué rendimiento sobre la inversión han

obtenido los socios, o cuál es la utilidad por hectárea, etc. Las razones financieras convierten estos datos en información, para así poder hacer la toma de decisiones. En el cuadro 3 se presentan algunas razones financieras de esta empresa. El punto de equilibrio es el nivel de producción de leche o carne, donde la empresa no pierde ni gana dinero. Es decir, es el punto mínimo de producción donde el rancho está en equilibrio o en igualdad, entre la cantidad de dinero que gasta para producir y que recibe de sus ventas. Esta razón financiera se puede expresar en animales por hectárea o en ganancia diaria de peso; para esta empresa con el taiwan se tuvo un punto de equilibrio de 2.4 animales/ha o de 0.35 kg/animal/día, para ni perder o ganar dinero. En el caso del guinea, el punto de equilibrio fue de 1.4 animales/ha o de 0.54 kg/animal/día, esto es, por debajo de estos parámetros se estaría perdiendo dinero y por arriba se estará ganando dinero, es decir, teniendo utilidades.

Es importante recalcar que en el caso del guinea, los parámetros promedios en la región oscilan alrededor de 1.4 para carga animal y 0.5 kg o menos para ganancia diaria de peso, por lo que se puede suponer y es preocupante, que los ranchos no estén ganando dinero o teniendo utilidades y en el mejor de los casos no estén perdiendo dinero.

La productividad de los activos es un indicador que mide la eficiencia con que la empresa emplea los recursos disponibles que tiene. Esta empresa tiene una productividad del activo total (total de bienes y derechos de la empresa, que incluye los animales, dinero en caja y bancos, etc.) de 0.65 para el taiwan y de 0.54 para el guinea, lo cual indica que por cada peso invertido en bienes y derechos hay ventas de carne de 0.65 y de 0.54 pesos. Se puede observar que el taiwan con fertirriego es

Cuadro 3. *Razones financieras del pasto taiwan con fertirriego y pasto guinea en temporal, bajo Pastoreo Racional Intensivo (PARI).*

Parámetro	Taiwan con fertirriego	Guinea de temporal
Punto de equilibrio (animales/ha)	2.40	1.40
Punto de equilibrio (kg/día/animal)	0.35	0.54
Productividad del activo total	0.65	0.54
Costo total de la carne ($/kg)	8.96	10.45
Utilidad neta de la carne ($/kg)	4.76	3.37
Margen de utilidad (%)	13.10	9.30
Rend. s/inversión (reevaluado; % año)	24.70	15.20
Costo total por animal ($/día)	9.66	10.96
Utilidad neta por animal ($/día)	5.22	3.51
Utilidad neta por ha ($/año)	13,035.00	3,565.00

más productivo que el guinea en temporal, pero en solo 0.11 pesos, o en un 20%, por lo que los dos sistemas se pueden considerar eficientes. El costo y la utilidad de la carne fue de $8.96 y $4.76 pesos para el pasto taiwan con fertirriego y de $10.45 y $3.37 pesos para el pasto guinea de temporal; se observa como con el uso de mayor tecnología se obtiene mayor utilidad, sin embargo, con los dos sistemas la empresa ganadera es rentable.

El margen de utilidad es, la utilidad neta sobre ventas totales y representa la capacidad del rancho de generar el dinero para cubrir todos los costos y gastos mediante sus ventas. Esta razón financiera fue de 13.1% para el taiwan con fertirriego y de 9.3% para el guinea de temporal; este margen es aceptable ya que indica que por cada peso de venta, entre $0.13 y $0.09 pesos, es utilidad para los dueños de la empresa. El rendimiento sobre inversión total indica la utilidad que tienen los propietarios del rancho, con relación al total de la inversión reevaluada conforme a la inflación del país, la cual fue entre 25% para el taiwan con fertirriego y de 15% para el guinea de temporal, es decir, por cada peso invertido en el rancho se obtuvo una utilidad de $0.25 y $0.15 pesos, respectivamente. Es importante recalcar que la inversión total se actualiza cada año debido a la inflación del país. La utilidad por hectárea es la utilidad neta entre el número de hectáreas del rancho y esta fue de $13,035 pesos para el taiwan con fertirriego y de $3,565 para el guinea de temporal. Con esta razón financiera se demuestra claramente, cómo el uso de la tecnología de punta es rentable ya que el aumento de utilidad por hectárea con el pastoreo con taiwan con fertirriego es de 366% más, que con el guinea de temporal; sin embargo, hay que aclarar que un guinea bien manejado, aún de temporal, puede ser eficiente y rentable. Es importante tener en cuenta que la depreciación del equipo es un costo de producción y no está incluida en la utilidad neta, pero se debería considerar en otra cuenta para utilizarlo cuando se reemplace el equipo. En general, estas razones financieras son aceptables para empresas ganaderas, principalmente porque son utilidades, sin contar la inflación ya que el rancho cada año sube de valor debido a la inflación o plusvalía.

Conclusiones

La conclusión sobre este caso es que el Pastoreo Racional Intensivo (PARI) demostró ser un sistema de producción de carne sostenible y rentable ya que toma en cuenta los diversos elementos que forman el sistema suelo-planta-animal. Este sistema aumenta la producción de carne por hectárea e intensifica la ganadería en el trópico. Además, la administración, contabilidad y finanzas, son herramientas indispensables para la correcta toma de decisiones sobre estrategias de manejo, inversiones en nuevas tecnologías y financiamiento externo, entre otros; también identifica las fortalezas y oportunidades de la empresa, para incrementarlas y las debilidades y amenazas, para prevenirlas.

Referencias

Canudas L., E. G. 1996. Manejo intensivo y sustentable de praderas. En: XXIV día del ganadero: alternativas tecnológicas en forrajes, nutrición y mejoramiento genético. Memoria Técnica núm. 3, C. E. La Posta, CIRGOC-INIFAP-SAGAR, Paso del Toro, Veracruz, México. 74 pp.

Decara, L., Sandoval, G. y Funes, C. 2004. *El uso de biodigestores caprinos de la provincia de Córdoba*. Universidad Nacional del Río Cuarto, Córdoba.

Gigena, R. y Tribaldos, R. 1998. *Análisis financiero y ambiental de la producción de Bokashi a partir de excretas de bovinos, fibra seca y microorganismos eficaces (EM), en las áreas de doble propósito y semiconfinamiento de la Earth, como sustituto del agua para lavado*. PG. EARTH, Gúacimo, CR. 69 pp.

Lamo, A. 2005. *Agroecología y revolución verde.* Universidad Autónoma de Madrid. España. http://bah.ourproject.org/article.php3?id_article=64.

Oltjen, J. 1986. Evaluation of a model of beef cattle growth and composition. *Journal of Animal Science,* 62: 98.

Pimentel, D., Allen, J., Beers, A., Guinand, L., Linder, R., McLaughlin, P., Meer, B., Musonda, D., Perdue, D., Poisson, S., Siebert, S., Stoner, K., Salazar, R. y Hawkins, A. 1986. World food economy and the soil erosion crisis. *Environmental Biology Rept.* 86-2. Cornell University Press, Ithaca.

Vicente-Chandler, J., Abruña, F. y Caro-Contreras, A. 1974. *Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico*. Agricultural Experimental Station. Univ. P.R. Bull. 233 pp.

Wight, J. R. y Siddoway, F. H. 1982. Determinants of soil loss tolerance for rangelands. En: *Determinants of soil loss tolerance.* Madison, WI, American Society of Agronomic and Soil Sience, Society of America.

Ganadería y medio ambiente en el Golfo de México

03

UNA MIRADA AL PASADO Y AL FUTURO:
LA GANADERÍA EN VERACRUZ

Renée González Montagut

La esencia de esta contribución es un artículo publicado por esta autora (González-Montagut, 1999) sobre algunos elementos que explicaban la expansión de la ganadería en el estado de Veracruz, desde los tiempos coloniales de México. Los casi veinte años que han pasado desde su publicación, hoy nos permiten reflexionar sobre aciertos, omisiones y errores de algunas apreciaciones ahí vertidas, así como volver a pensar en el futuro de la importante actividad de la ganadería en este estado, todo a la luz de nuevas oportunidades.

A partir de la traducción del citado artículo se describen brevemente algunos puntos hacia el análisis, sin pretender ser una actualización exhaustiva, pero sí presentar elementos suficientes para construir los siguientes veinte años de una actividad que actualmente ocupa 56% del territorio nacional (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2006).

Uno de los aciertos del artículo de 1999 fue, sin duda, identificar el inicio de la crisis ganadera en los trópicos mexicanos, en la década de 1980. El crecimiento de plantaciones forestales, de cultivos de piña y de papaya, sobre todo en el sur de Veracruz, fueron claro resultado de la búsqueda de alternativas ante la falta de créditos e ingresos en el sector ganadero, así como respuesta al agotamiento de las tierras. Actualmente, es preocupante que tres problemas que el análisis histórico consideró clave, datados en 1945, prevalecen.

La falta de seguridad propia del país no se restringe a la tenencia de la tierra y al abigeato; el crimen organizado ha adquirido tal magnitud que pone en peligro incluso la integridad física de los productores del campo. La Convención Ganadera de Xalapa, en 1945, identificaba ya como un segundo problema los escasos avances en la prevención de enfermedades, manejo de pastizales y razas de ganado. Hoy, ante la pérdida de suelos y alto uso de agroquímicos, es necesario y urgente restaurar las funciones de los pastizales de Veracruz a través de un mejor manejo. Aunado a ello, la falta de organización –el tercer problema identificado en 1945–, considerado por De la Peña (1946) como el más agudo de los tres problemas, impide hoy el acceso a créditos y al intercambio de experiencias para mejorar la actividad ganadera del país.

Consideramos además que el artículo de 1999 olvidó tres puntos importantes que con el tiempo ha sido posible develar. El primero fue la omisión del efecto del uso de productos agroquímicos en exceso. En otras contribuciones de este libro se menciona el uso desmedido de pesticidas y herbicidas que fueron aplicados constantemente desde la aparición de la llamada Revolución Verde y, sin duda, sus efectos, unidos a un mal manejo acabaron con fragmentos de bosque y los dejaron desvinculados de los procesos naturales, hecho visible en la compactación y consecuente erosión de los suelos, así como en la pérdida de componentes clave de los ecosistemas, como es la presencia de los escarabajos coprófagos (Halffter, 2016), que permiten la incorporación del estiércol como materia orgánica en el suelo. Asimismo, si bien el artículo de 1999 observaba la degradación de las selvas, no dimensionó la pérdida de las funciones ambientales del propio pastizal para dar continuidad a una actividad que dejó de ser redituable. La tercera omisión del artículo es la que presenta una oportunidad única para el futuro de la ganadería tropical y la conservación de su biodiversidad; se refiere a cambios en los actores que caracterizan esa actividad.

En 1999 la revisión de factores que contribuyeron a la expansión ganadera describió a los grupos sociales involucrados como ganaderos que acumulan tierras, capital y poder, sin invertir en mejorar el manejo de sus pastizales, adoptando un modelo de ganadería extensiva. El artículo generaliza y proyecta la visión de hace veinte años desde la óptica ambiental; sin embargo, las dos últimas décadas han visto el surgimiento de una nueva generación de ganaderos. Sin pretender una aseveración absoluta, esta clase emergente está sufriendo el resultado del mal manejo de sus pastizales y ha heredado tierras que ya nos son productivas. Muchos de esos ganaderos provienen de centros urbanos y muestran alta escolaridad, son producto del proceso de la acelerada urbanización que muestra México. Con tierras erosionadas, alto apego a la tierra y a la actividad ganadera, así como acceso a información y a redes de conocimiento, estos ganaderos han comenzado a aprender nuevas maneras de hacer ganadería. Los resultados de esos aprendizajes están dando resultados no sólo en mejoras ambientales sino también en las económicas. Comienzan a identificarse como ganaderos sustentables, regenerativos, holísticos. Sus ideas provienen de la literatura de André Voisin (Voisin y Lecomte, 1962) y Allan Savory (Savory y Butterfield, 2016) y de intercambios cada vez más frecuentes y mejor organizados con otros grupos de ganaderos que comparten esta nueva cultura y que se encuentran en diferentes regiones del país y del mundo.

Hay varios elementos que apuntan a que este nuevo movimiento tiene posibilidades de unir, por primera vez, a la actividad ganadera con la conservación de nuestro capital natural. Lo más importante es el interés que ha surgido en los mismos ganaderos, como respuesta a la crisis que derivó en la pérdida de ingresos y en la búsqueda de nuevas prácticas. La era digital y la procedencia urbana están permitiendo que estos actores tengan cada vez un mayor intercambio de teoría y práctica, en foros cada vez más frecuentes. Dichos foros sirven no sólo para adquirir las bases de una organización, identidad y cultura propias, sino también para incorporar al sector académico, financiero, a las organizaciones de la sociedad civil y a grupos indígenas que combinan agricultura con ganadería.

Un ejemplo del surgimiento de este movimiento de ganadería sustentable es la experiencia del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN), que ha participado en una decena de foros de ganadería sustentable en Chihuahua, Veracruz y en el centro de México, eso en la última década. En Chihuahua la red Manejo Regenerativo de Ranchos y en Chiapas el grupo de Ganadería Regenerativa, reúne a centenares de ganaderos. En Jalisco, Sinaloa y Veracruz, el proyecto Conservación de Cuencas Costeras en el Contexto de Cambio Climático (C6), una iniciativa de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional Forestal, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y el FMCN, han apoyado a más de 30 ranchos a transitar hacia la ganadería sustentable, con el apoyo técnico y administrativo de los fondos regionales, Fondo Golfo de México, A.C. y FONNOR, A.C. Además, por iniciativa del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), en octubre de 2017 el proyecto C6 apoyó el Foro-Taller de Ganadería Sustentable de Veracruz, en sus instalaciones. En ese foro participaron más de 300 personas, entre ganaderos, profesionistas dedicados a esa práctica, financieros, académicos y organizaciones de la sociedad civil. Los acuerdos principales producto del foro incluyeron el desarrollo de una comunidad de aprendizaje para ganaderos sustentables, cuyo diseño es financiado por la Agencia de Cooperación alemana (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit, GIZ). En abril de 2018 la GIZ y la CONANP organizaron el Tercer Foro de Ganadería Sustentable que, a diferencia de los dos anteriores, no se centró en las regiones de montaña del centro de México, sino que incluyó a personas de 17 estados y contó con la participación de más de mil personas, todo gracias al apoyo de transmisión remota de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La organización entre ganaderos sustentables y su vínculo con otros sectores está rindiendo frutos. El sector académico está proporcionando sus conocimientos y facilitando el intercambio entre científicos y ganaderos. El sector financiero también ha mostrado interés al detectar que la ganadería sustentable es una actividad redituable en la que puede colocar créditos. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), junto con bancos comerciales, están participando en los foros de ganadería sustentable; para que esos vínculos sean funcionales habrá que unir lenguajes y culturas de los diferentes sectores en torno al tema de la ganadería sustentable.

El FMCN considera que la ganadería regenerativa es de suma importancia para la conservación de la biodiversidad, para los servicios ambientales, así como para la mitigación y adaptación al cambio climático en México. La unión de la ganadería con la conservación del medio ambiente permitirá acceder a nuevas oportunidades de financiamiento, una de ellas es el Fondo para el Cambio Climático (FVC), que es el mecanismo financiero de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Fue establecido en 2010 por 194 países y su objetivo es financiar proyectos enfocados en la mitigación y adaptación al cambio climático. Sólo entidades acreditadas por el FVC pueden canalizar sus fondos a proyectos específicos, cuyo diseño debe ser aprobado por las autoridades nacionales designadas de cada país (en el caso de México es la Secretaría de

Hacienda y Crédito Público) y por un estricto proceso de evaluación del FVC. Este fondo exige que el diseño del proyecto esté basado en diagnósticos sociales, ambientales y económicos que permitan proponer una estrategia viable y exitosa para ejecutar proyectos con claro impacto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a largo plazo.

El FMCN está en el proceso de ser acreditado por el FVC. El primer proyecto que planea proponer para ser financiado está enfocado en la ganadería regenerativa. La ganadería en México es responsable de 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018). La ganadería sustentable disminuye las emisiones y la vulnerabilidad de los pastizales al cambio climático, esto se debe al incremento en la cobertura forestal a lo largo de ríos y en zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, a la vez que captura mayores cantidades de carbono (Marinidou, 2017); la conservación del suelo en la ganadería sustentable también aumenta el sumidero de carbono en pastizales. Por otro lado, la mayor diversidad de forrajes para el ganado se traduce en una mejor alimentación y en menos emisiones de metano (Piñeiro-Vázquez *et al.,* 2017; Thornton y Herrero, 2010). El FMCN está explorando alianzas con la organización Carbon Trust, para trabajar los temas específicos de cambio climático en la propuesta a FVC, ya que esta organización cuenta con experiencia en reducción de emisiones contaminantes por ganadería sustentable en Brasil.

En los temas financieros, el FVC promueve la combinación de los recursos que otorga como donativo, con préstamos para actividades productivas. En este sentido, la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) ha mostrado interés en la exploración de créditos para la ganadería sustentable. Está trabajando con el FMCN para eventualmente combinar los recursos del FVC, con créditos a los ganaderos, esto permitirá que el donativo financie la transición a la ganadería sustentable, mientras que los créditos estarán enfocados en mantener este cambio en el largo plazo. La AFD está también interesada en apoyar el diseño de la propuesta al FVC, lo cual incluye los diagnósticos sociales y económicos, así como la estrategia financiera para asegurar que la intervención en el territorio nacional pase de ser un cambio local a uno regional y de largo plazo.

Para convertirse en un motor que impulse la recuperación de importantes servicios ambientales y la conservación de la biodiversidad, en gran parte del territorio, el sector ganadero tendrá que trabajar en los grandes retos, identificados desde 1945: seguridad, mejor manejo del pastizal y organización. En el caso de Veracruz, el Inventario Estatal y de Suelos (2013) indica que sólo 29.26% de la superficie estatal está cubierta por bosques, de los cuales 20.46% es vegetación en condición primaria. Por otro lado, más de la mitad del territorio está dedicado a una ganadería que convierte al estado veracruzano en el primero en número de cabezas de ganado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014), esta transformación es urgente para asegurar el futuro de las próximas generaciones. Valdrá la pena haber sufrido una historia difícil, si la ganadería detona un mejor futuro.

Referencias

De la Peña, M. T. 1946. *Veracruz económico*. Vol. I y II. Gobierno del Estado de Veracruz, Veracruz.

González-Montagut, R. 1999. Factors that Contributed to the Expansion of Cattle Ranching in Veracruz, Mexico. *Mexican Studies / Estudios Mexicanos,* 15(1):101-130, Invierno 1999

Halffter, G. 2016. *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz*. C. Huerta y M. Cruz Rosales (Comps.). Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

INECC (**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático**). 2018. Presentación de los resultados del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. https://www.gob.mx/inecc/prensa/presentacion-de-los-resultados-del-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero.

INEGI (**Instituto Nacional de Estadística y Geografía**). 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. Producción de ganado bovino. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/doc/minimonografia/prodbovena14.pdf.

Marinidou, E., Jiménez-Ferrer, G., Soto-Pinto, L., Ferguson, B. G. y Saldívar-Moreno, A. 2017. Agro-ecosystem services assessment of silvopastoral experiences in Chiapas, Mexico: towards a methodological proposal. *Experimental Agriculture*: 1-17.

Piñeiro-Vázquez, A. T., Jiménez-Ferrer, G. O., Chay-Canul, A. J., Casanova-Lugo, F., Díaz-Echeverría, V. F., Ayala-Burgos, A. J., Solorio-Sánchez, F. J., Aguilar-Pérez, C. F. y Ku-Vera, J. C. 2017. Intake, digestibility, nitrogen balance and energy utilization in heifers fed low-quality forage and *Leucaena leucocephala*. *Animal Feed Science and Technology,* 228:194-201.

Savory, A. y Butterfield, J. 2016. *Holistic management: a common sense revolution to restore our environment* (3a ed.). Island Press, Washington, D.C.

SEMARNAT (**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**). 2006. *El medio ambiente en México. 2005 en resumen.* México, D.F.

SEMARNAT/CONAFOR (**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional Forestal**). 2014. *Inventario Estatal Forestal y de Suelo. Veracruz de Ignacio de la Llave 2013*. México, D.F., México y Zapopan, Jalisco.

Thornton, P.K. y Herrero, M. 2010. Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(46):19667-19672.

Voisin, A. y Lecomte, A. 1962. *Rational grazing. The meeting of cow and grass: a manual of grass productivity*. Crosby Lockwood y Son, Londres.

La expansión de la ganadería en Veracruz[1]

Renée González-Montagut

Este artículo analiza las condiciones y a los individuos que participaron en la expansión ganadera acontecida en Veracruz durante el presente siglo. A finales del siglo pasado, innovaciones tecnológicas crearon las condiciones adecuadas para el desarrollo posterior de la ganadería. A raíz de la Revolución Mexicana surgió un grupo de caciques poderosos que utilizaron la ganadería para acaparar tierras y adquirir poder político. La desigualdad aumentó afectando a la clase campesina. En un principio, la expansión de los pastizales ocurrió a costo de la cobertura forestal y, a partir de 1970, de la sustitución de áreas agrícolas. La naturaleza expansiva de este uso del suelo ha causado su propia decadencia. Es cuestionable si nuevas formas de uso del suelo lograrán tener un impacto menos negativo en el tejido social y en los ecosistemas del estado. Leyes que incorporen el valor de la naturaleza y que tengan una base democrática necesitan ser aplicadas con el apoyo de todos los sectores sociales veracruzanos.

En un periodo sorprendentemente corto, equivalente a menos de la mitad de un siglo, América tropical se ha transformado por completo. Las áreas de otrora exuberante selva tropical son ahora tierras de pastoreo (Naciones, 1992). A fines de 1980, zonas tropicales de América Latina y el Caribe albergaban 80% del total del ganado en la región (MOPU, 1990). En América Central y México, donde esta conversión a pastizales es más evidente, dos tercios de la selva tropical original han sido erradicados y cerca de 4000 km^2 son deforestados y quemados cada año para la agricultura y su posterior conversión a pastizales (Naciones, 1992).

México tiene una de las tasas más altas de deforestación en América Latina (más de 1% anual; Toledo, 1992) y la rápida transformación de los bosques a pastizales es un proceso que requiere atención inmediata. Después de Brasil y Argentina, México tiene el tercer hato de ganado bovino en América Latina. Además, las actividades ganaderas, incluyendo la ganadería y la producción de forraje,

1 Traducción del capítulo "Factors that contributed to the expansion of cattle ranching in Veracruz, Mexico". *Mexican Studies / Estudios Mexicanos,* 15(1), invierno 1999. © Regentes de la Universidad de California.

ocuparon casi 50% del territorio mexicano en 1983 (Barrera Bassols y Espejel, 1992).

En México, el estado de Veracruz (donde Hernán Cortés trajo por primera vez el ganado al continente americano), tiene el mayor número de cabezas bovinas en el país, alcanzando 4.8 millones en 1993, un número mayor que la población humana rural en ese estado. La gran cantidad de ganado en Veracruz no es el resultado de un aumento constante desde tiempos coloniales, sino de una transformación reciente. Los bosques del estado, que se estima cubrían 2 millones 600 mil hectáreas en 1976, se redujeron a 800 mil hectáreas para 1983 (Barrera-Bassols, 1992). Esta deforestación significativa fue acompañada por un aumento de cabezas de ganado de 1950 a 1980. Con un área total de 7,281,500 hectáreas; más de 50% de Veracruz está dedicada hoy al ganado (Barrera-Bassols y Rodríguez, 1993).

Esta impresionante transformación del paisaje tropical en América Latina requiere de mayor estudio que el que se ha realizado a la fecha. Un primer paso hacia la comprensión de este tan reciente y rápido proceso es determinar los actores, las fuerzas motrices y las condiciones que permitieron la mayor expansión del ganado ocurrida en la región. Veracruz presenta el escenario adecuado para llevar a cabo este análisis.

Este artículo trata de identificar los actores y mecanismos que permitieron primero una deforestación masiva, seguida por una expansión de la frontera agrícola y una transformación posterior de los acahuales en pastizales de ganado extensivo. En primer lugar describe brevemente algunos de los elementos del Veracruz colonial que prepararon el escenario y produjeron una cultura propicia para una posterior conversión de los bosques a pastizales. El ensayo se enfoca en el final del siglo pasado, cuando la expansión del ganado comenzó en su forma moderna y el siglo XX, cuando ésta se aceleró. En el cambio de siglo, las innovaciones agronómicas, razas nuevas de ganado y gramíneas forrajeras proporcionan los elementos necesarios para la modernización de la ganadería. En este siglo, la Revolución Mexicana creó las condiciones que permitieron emerger a un grupo de poderosos ganaderos. Estos individuos desarrollaron una forma de ganadería extensiva, en la que el ganado no administrado deambula libremente en un área grande. Este tipo de uso de la tierra sólo es productivo cuando se poseen grandes extensiones ya que entonces ofrece no sólo la rentabilidad económica, sino también estatus político, ese que permite mayores subsidios y ventajas legislativas que contribuyen a mayor expansión ganadera. Sin embargo, este ciclo expansivo ya está mostrando signos de no ser sostenible, lo que puede causar que los ganaderos intensifiquen la ganadería e incluso consideren usos alternativos de la tierra.

Origen de los mecanismos de colonización y la cultura ganadera

El ganado bovino en el continente americano se remonta a la Conquista española y se asocia desde el principio con la colonización de la tierra. Un sistema de concesión de tierras a los conquistadores españoles se estableció en 1542 a través de las "mercedes reales", que eran vastas tierras para la ganadería otorgadas a los conquistadores que se habían distinguido en la batalla. La primera de estas mercedes para la ganadería en Veracruz data de 1550. A menudo los conquistadores administraban las mercedes desde lejos. Con relativa independencia los administradores españoles o mestizos locales emergieron lentamente como una nueva clase social. A menudo escribían a la Corona española para concesiones de tierra dentro de las mercedes. Estas concesiones fueron otorgadas con frecuencia y se convirtieron en ranchos, más tarde conocidos como haciendas (Melgarejo Vivanco, 1980).

La ganadería se mantuvo como una actividad exclusivamente española durante la época colonial. Las primeras asociaciones de ganaderos surgieron en 1529 y comenzó la elaboración de leyes relacionadas con la ganadería, incluyendo el marcaje del ganado en 1539 (Dusenberry, 1963). A los indígenas les fue prohibido montar y participar en actividades de ganadería, las cuales estaban restringidas a los españoles y a sus esclavos africanos. Montados en caballos, los esclavos cazaban ganado salvaje en los bosques para obtener sus pieles. Ellos crearon la imagen del vaquero (Jordan, 1993), una figura de gran movilidad y libertad asociada a las haciendas.

La tensión entre los indígenas y la ganadería era evidente en los primeros siglos del periodo colonial

(Trens, 1992). Los animales no estaban cercados y con frecuencia destruían los campos de maíz de los indígenas y éstos a menudo se quejaban con la Corona española (Melgarejo Vivanco, 1980). En 1536 el virrey de la Nueva España, Antonio de Mendoza, decretó las primeras leyes para determinar los sitios para la cría de ganado y para establos, en respuesta a las quejas sobre la destrucción de las zonas agrícolas por el ganado (Guevara y Laborde, en prensa). Las áreas agrícolas indígenas, sin embargo, especialmente en los trópicos, representaban una porción mínima de la tierra utilizable hasta el final del siglo XVII (Chevalier, 1976). Sin embargo, en 1596 visitantes de la Nueva España comentaron que las haciendas a menudo tomaban la tierra de las comunidades indígenas (Melgarejo Vivanco, 1980). Además, a principios de la época colonial, los esclavos indígenas fueron incluso intercambiados por ganado, por el conquistador español Nuño de Guzmán (Trens, 1992).

La reproducción inicial de ganado en el continente americano es uno de los fenómenos biológicos más sorprendentes reportados en el Nuevo Mundo (Chevalier, 1976). Según algunas versiones, el ganado traído de Las Antillas y de España ya libre de sus enemigos naturales del Viejo Mundo, creció en población hacia 1527 (Melgarejo Vivanco, 1980). Las zonas tropicales de Pánuco y de Nautla, hasta Misantla en el Veracruz de hoy y otras áreas tropicales al sur del río Grijalva, fueron colonizadas rápidamente con ganado. El aumento del hato fue acompañado por una reducción de la fuerza de trabajo, causado por las epidemias que mataron a un gran número de la población indígena en el último cuarto del siglo XVI (Crosby, 1991). Estas epidemias fueron particularmente letales en las regiones tropicales, por lo tanto, las actividades que requerían poca mano de obra, como la ganadería, se expandieron. La mayoría de los visitantes en la mitad del siglo XVI se sorprendieron al encontrar que muchos ganaderos poseían más de 100 mil cabezas de ganado (Chevalier, 1976). Leslie B. Simpson (1952) estima que en el centro de la Nueva España se encontraban alrededor de 1 millón 300 mil vacas, mientras que 665 mil animales prosperaron en las tierras bajas a lo largo del Golfo de México.

Después de un aumento inicial impresionante, el hato comenzó a disminuir en la Nueva España entre 1565 y 1570. Numerosos informes reportan este fenómeno. El abigeato por las pieles se generalizó. En Europa hubo una gran demanda de pieles que fueron especialmente utilizadas por el ejército español de esos tiempos y los ganaderos a menudo sobreexplotaron sus rebaños para exportar el cuero a España. En Nueva España se desarrolló un mercado interior ya que los indígenas comenzaron a consumir esta nueva fuente de proteínas, como lo demuestra la presencia de carnicerías en las poblaciones indígenas. Además, los perros salvajes a menudo atacaban al ganado. La sobreexplotación y la falta de administración de este ganado semisalvaje llevó a su declive, que se reflejó en el aumento de los precios de la carne al final del siglo XVI (Chevalier, 1976).

La acumulación de tierras, el ganado semisalvaje y propietarios ausentes de sus tierras prevalecieron como los tres elementos característicos de la cría de ganado en la era colonial (Trens, 1992). Alexander von Humboldt, el naturalista alemán que visitó la Nueva España entre 1803 y 1804, comentó: "... Durante el día, dos o tres hatos de ganado, en torno al cual se pasea ganado semisalvaje, ocupan muchas leguas cuadradas […] Un número pequeño de familias poderosas, que viven en la meseta central, poseen gran parte de la costa de Veracruz […] En las costas orientales […] hay una gran abundancia de ganado, principalmente en la desembocadura de los ríos Alvarado, Coatzacoalcos y Pánuco..." (Melgarejo Vivanco, 1980:130).

Barrera Bassols (1995) sugiere que el uso extensivo de la tierra y las epidemias que redujeron la población, permitieron la recuperación de áreas que habían sido utilizadas intensamente durante tiempos prehispánicos. La evidencia que respalda este uso intensivo proviene de restos hallados en el centro de Veracruz, que muestran terrazas y campos irrigados en las regiones de la Huasteca, que se utilizaron durante todo el año (Siemmens, 1990). Con bajas densidades de población y vastas tierras asignadas a pocas personas, estas áreas agrícolas fueron abandonadas y dejadas al ganado en casi libre pastoreo.

Aunque algo rentable debido a la exportación de pieles, la ganadería en Veracruz colonial sirvió principalmente como un marcador para las vastas tierras de propietarios ausentes, debido a que la tierra se asoció con el prestigio de una clase privilegiada compuesta

por unos cuantos españoles. España se había expandido no sólo en la actividad económica, sino también en la cultura ganadera en la Nueva España (Lomnitz-Adler, 1992). Desde tiempos ancestrales, el ganado tenía un significado simbólico en España. Según Rifkin (1993:41): "En las plazas de toros españolas, los sacrificios bovinos que durante mucho tiempo habían sido utilizados para ganarse el favor de los dioses, dieron paso a una batalla simbólica entre el hombre y la naturaleza." En la Nueva España, el ganado sirvió como un mecanismo de colonización, acompañado de una cultura que vincula el ganado con el poder. Este mecanismo y su cultura llegaron a ser prominentes una vez más en el México independiente.

Las guerras de la Independencia en México causaron una disminución en el ganado (Trens, 1992) y un cambio de propiedad. En Veracruz, las estadísticas compiladas por el gobernador Sebastián Camacho son una de las pocas fuentes de información para este periodo. Él informó que en 1831 Veracruz tenía 305 mil 300 cabezas de ganado con 59 mil 211 crías del año anterior. Para 1823 la tierra se distribuyó entre quienes participaron en el movimiento de Independencia. La colonización se promovió como una política de desarrollo y la legislación en 1824 disminuyó el impuesto para los ganaderos en un tercio (Melgarejo Vivanco, 1980). C. Sartorius (1990), un importante ganadero alemán que poseía tierras cerca de Huatusco, describió el manejo de los pastizales en el último siglo, que no difería mucho de la época colonial: el ganado vagaba libremente en grandes extensiones de tierra, mientras que la dieta de las personas en Veracruz se basó en gran medida en la carne de vacuno. La modernización y el desarrollo en la ganadería tuvieron que esperar hasta el cambio de siglo.

Innovaciones tecnológicas

En 1880, como en la época colonial, el ganado se encontraba principalmente en las tierras bajas, que la literatura describe como sabanas naturales (De la Peña, 1946). Cuando los pastos eran escasos en la estación de secas, de años secos, los ganaderos utilizaban los restos de la cosecha de maíz como forraje (Melgarejo Vivanco, 1980). Al final del siglo pasado, gramíneas forrajeras introducidas promovieron la especialización de áreas para pastoreo. Gramíneas adaptadas a condiciones de inundación se dejaron crecer en la estación lluviosa en las tierras bajas, mientras que el ganado se alimentaba en zonas más altas no inundadas. Una vez que terminaban las lluvias, el ganado se trasladaba a las tierras bajas. El pasto en las zonas más altas se recuperaba durante la estación seca. Forrajes "artificiales" con especies de pastos introducidos aparecieron a finales del siglo pasado en Veracruz, lo que permitió una mayor engorda del ganado y el aumento de la capacidad de carga animal (De la Peña, 1946).

El llamado pasto pará (*Panicum purpurascens*) es una especie originaria de África que crece bien en condiciones de inundación en las tierras bajas a lo largo de los ríos. Esta especie fue introducida por primera vez a América del Sur y puede deber su nombre a Pará en Brasil (Melgarejo Vivanco, 1980). Este pasto permitió la concentración del ganado en la estación seca en las tierras bajas, que se inundan en los meses de lluvia. La introducción de esta especie puede haber

ocurrido temprano en el último tercio del siglo pasado ya que el Estado cobraba impuestos a plantaciones de pará en 1885 (De la Peña, 1946).

Guinea o privilegio (*Panicum maximum*), fue otro pasto que contribuyó a la modernización del manejo del ganado. Crece en zonas no inundadas donde el ganado se quedaba en los meses húmedos y sigue siendo dominante en muchas regiones. Como el pasto guinea no es mencionado entre los pastos con impuestos, se puede inferir que su introducción ocurrió después de 1885 (De la Peña, 1946). Su origen, como su nombre lo indica, es muy probablemente África occidental. Los pastos introducidos y las leguminosas forrajeras aumentaron en número, con el tiempo y resultaron en el inicio de una transformación de tierras agrícolas a pastos artificiales.

En 1952 se introdujo el pasto llamado merkerón (*Pennisetum purpureum*), seguido de un estudio de 60 especies de gramíneas en una estación experimental de la Comisión del Papaloapan. Estos pastos fueron traídos de los Estados Unidos, Costa Rica, Colombia y Brasil. 122 legumbres también fueron introducidas para hacer estudios en la estación. El pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyum*) puede haber llegado más tarde. Éste, pronto dominó grandes zonas de la Huasteca y el sur de Veracruz, con algunas incursiones en el centro (Melgarejo Vivanco, 1980).

Otro elemento importante en la expansión de los pastizales fue la aparición, en este siglo, del alambre de púas, que J.F. Glidden inventó en 1873 en los Estados Unidos (McNaughton, 1993) y que pronto llegó a México. El alambre de púas permitió a los ganaderos establecer los límites de sus pastizales, proteger los campos de maíz y contener el ganado. M.T. de la Peña (1946) describe los costos asociados por mantener y expandir lentamente los límites de los pastizales.

La raza encontrada en Veracruz, desde los tiempos de la Colonia hasta el comienzo de este siglo fue la criolla, descrita como de tamaño pequeño, peluda, con grandes cuernos y lo más importante, de bajo peso y baja producción de leche. Sin embargo, esta variedad era la única adaptada a los trópicos, desde las tierras bajas hasta los 2 mil metros de altitud. Como rebaños enteros solían vivir de manera silvestre, incluso en las profundidades de los bosques, algunos de los bovinos criollos se convirtieron en "ganado salvaje," o cimarrón, lo que significa que algunos de estos animales no tenían propietario y no estaban marcados. Estas manadas salvajes se desarrollaron desde la segunda mitad del siglo XVI. Se entregaron premios a los ganaderos más capaces de cazar a estos animales (Melgarejo Vivanco, 1980).

Veracruz participó activamente en la exportación de pieles de ganado a España a partir del siglo XVI (Barrera Bassols, 1992) y la carne de los animales cazados se consumía principalmente a nivel local. Cuando era domesticado, el ganado criollo era bueno para el trabajo de campo pesado y resistente a muchas enfermedades tropicales, especialmente a la piroplasmosis, una enfermedad transmitida por las garrapatas. De acuerdo con G. Aguirre Beltrán (1992), a principios del siglo XVII había tres variedades de ganado criollo: chichihua, que se guar-

daba en establos y se utilizaba para producir leche; rodeanos, que se mantenía a veces en establos y estaba confinado por límites naturales y montaraz, que se reproducían en la naturaleza y eran capturados para la venta.

Con un aumento en la demanda de leche y carne en el Distrito Federal y en los Estados Unidos (Barrera Bassols, 1992), el gobierno de Veracruz ofreció, en 1903, estímulos a los ganaderos que introdujeran toros mejorados. Por lo tanto, un gran número de razas –suizas, holandesas, Jersey, Durham, Hereford y Charolais (introducido en 1928 [Gómez 19481])–, llegaron a Veracruz y fueron probadas en el medio ambiente tropical. La mayoría de las razas que llegaron resultaron ser demasiado delicadas para el clima tropical y enfermaron (De la Peña, 1946) y no fue hasta la llegada del ganado cebú (*Bos indicus*), que los nuevos experimentos de cría pudieron comenzar.

La aparición en Veracruz del ganado cebú, que requiere de espacios abiertos para prosperar, se remonta a 1920 (De la Peña, 1946). Marte R. Gómez, secretario de Agricultura en 1946, dijo que el cebú brasileño desembarcó en Tampico en 1923 (Gómez, 1948). El cebú sirvió como punto de partida para una mejor raza neotropical. Pronto se estableció que los cebú de raza pura producían poca leche, su carne era de mala calidad y tenía mal sabor y su peso en canal no superaba el 50% del animal vivo, el cual tenía un alto porcentaje de hueso. Sin embargo, el animal era muy resistente a la piroplasmosis, podía vivir lejos del agua, tenía una gran capacidad reproductiva, era más pesado que el ganado criollo y era bueno para el trabajo pesado en los campos. A través de la cruza de cebú con criollo y luego con suizo (una raza de alta producción de leche), la calidad y cantidad de la carne, así como la producción de leche han mejorado desde la segunda década de este siglo. Una vez que esta cruza demostró ser exitosa se trataron otras combinaciones. En 1940, la mayoría de los animales era un cruce de cebú y criollo. En Gutiérrez Zamora, De la Peña (1946) informa que los ganaderos no aceptaban más de 50% de sangre cebú en su ganado y la mejora subsiguiente se logró con suizo y Durham.

Un evento de importancia histórica y devastador ocurrió en diciembre de 1946 después de la introducción del cebú a la zona. Fue la epidemia de la fiebre aftosa, la que causó pánico en México y en Estados Unidos. Su presencia generalizada resultó en la interrupción de las exportaciones de ganado a los Estados Unidos, que en ese momento ascendía a 500 mil cabezas al año (Gómez, 1948). La prensa culpó por la introducción del ganado infectado de Brasil al secretario de Agricultura, el ingeniero Marte R. Gómez, quien escribió un libro titulado *La verdad sobre el cebú: conjeturas sobre la fiebre aftosa*. En ese volumen (Gómez, 1948), explicó con gran detalle que los 327 cebú que llegaron de Brasil a la Isla de Sacrificios, en Veracruz, en abril de 1946, no fueron el presunto foco de la infección generalizada. Sin embargo, la fiebre aftosa sigue siendo endémica hoy en la Amazonia brasileña, lo que hace que el ganado brasileño no sea elegible para la exportación internacional (Hecht, 1992).

Los ejércitos de los Estados Unidos y México colaboraron en el control de esta epidemia a través del llamado rifle sanitario, que eliminó al ganado infectado. La Comisión Mexicana-Americana para la Erradicación de la Fiebre Aftosa reportó una pérdida de 4.15% del ganado en México. Esta enfermedad del ganado costó a los Estados Unidos 20 millones de dólares y a México 160 mil bovinos (Aguilar Camín y Meyer, 1993). Los investigadores descubrieron una vacuna y el ganado se recuperó pronto, como lo demostró la mejora en la producción de leche (Attolini, 1950).

En términos de otras enfermedades del ganado, De la Peña (1946) señaló baja mortalidad (las enfermedades causaron aproximadamente 3% de las muertes). Aunque la vacunación en la década de 1940 no era tan generalizada como lo es hoy, De la Peña indica que sólo en el sur de Veracruz la vacunación era poco frecuente. De acuerdo con la Dirección General de Ganadería, en los años cuarenta más de 60% de los becerros en Veracruz recibió vacunaciones. En cuanto a la reproducción, Veracruz reportó altas tasas. En 1940, el estado produjo un total de 300 mil crías, mostrando un incremento neto anual estimado de 25% debido a la reproducción (De la Peña, 1946).

Las comunicaciones jugaron un papel importante en la expansión de la ganadería. Antes de la llegada de buenos sistemas de comunicación a Veracruz, cada

cabeza de ganado perdía un promedio de 50 kilogramos en su transporte del puerto al Distrito Federal. El mal servicio del ferrocarril y la falta de líneas directas resultaban en el maltrato de los animales. Muchos ganaderos, por lo tanto, decidieron arriar a su ganado hasta las líneas del ferrocarril directas a la capital. Viajes de 240 kilómetros antes de llegar a la estación de tren eran comunes (De la Peña, 1946). Cuando los sistemas de comunicación mejoraron, entre 1947 y 1967, las regiones tropicales en México experimentaron dos y hasta tres veces mayor crecimiento anual en el área de pastos (aumento anual del 6 al 9%), cuando el promedio nacional anual era de 3% (Fernández Ortiz *et al*., 1993).

La mejora en las comunicaciones, el ganado cebú, el alambre de púas, los pastos artificiales y las vacunas, representaron innovaciones técnicas que permitieron la modernización de la ganadería. Los pastos introducidos transformaron más áreas para ganadería y proporcionaron más forraje por unidad de área que las sabanas naturales. El alambre de púas estableció límites de pastoreo, protegiendo tanto a la tierra como al ganado. La introducción del cebú y de las vacunas proporcionó un medio para la propagación de ganado a zonas que antes no eran aptas para la ganadería. Al mismo tiempo, el ganado cebú proveyó de más carne que la raza criolla y, junto con la mejora en las comunicaciones, constituyeron una respuesta a la demanda de un mercado cada vez mayor en el Distrito Federal. Si bien estas innovaciones tecnológicas contribuyeron a la expansión de la ganadería en los trópicos, el crecimiento sólo fue posible gracias a un poderoso grupo de ganaderos que surgió después de la Revolución Mexicana.

Los grupos sociales

La confrontación entre los agricultores de subsistencia con ganaderos poderosos no se limitó a los tiempos coloniales, cuando el ganado destruyó los campos indígenas de maíz. A principios de siglo, los grandes ganaderos en Veracruz acumularon la tierra y causaron resentimiento entre los agricultores de subsistencia. En 1915 los campesinos de Medellín de Bravo constituyeron el primer Comité Agrario, que fue seguido por otros sindicatos campesinos. En respuesta, la Unión Nacional de Ganaderos patrocinó a las llamadas guardias blancas y sangrientas batallas se llevaron a cabo. En 1923 un grupo de líderes campesinos liderados por Úrsulo Galván, apoyado por el gobernador Adalberto Tejeda, formaron la Liga de Comunidades Agrarias de Veracruz, lo que dio lugar a la formación en 1926 de la Confederación Nacional Campesina. Este fue un periodo cruel, un grupo centrado en Almolonga (llamada La mano negra), con el pleno apoyo de la Secretaría de Guerra, asesinó a campesinos en todo el estado (Malgarejo Vivanco, 1980).

Después de la fase armada de la Revolución Mexicana, como en los periodos posteriores a la Conquista española y a las guerras de Independencia, un nuevo grupo de jefes políticos o caciques aparecieron en Veracruz. Habían participado en la guerra y se sentían con derecho a la tierra. Los caciques controlaban pueblos e incluso regiones en el estado. La tierra había sido el foco central de la Revolución y la Reforma Agraria amenazaba los intereses de estos jefes políticos. Sin embargo, los caciques fueron capaces de idear mecanismos para concentrar la tierra y el poder en sus manos (Amezcua Cardiel, 1990), incluso en el estado que con el tiempo adquirió el mayor número de ejidos o propiedades comunales en el país. Su estrategia se basó en la ganadería. De manera similar a los grandes propietarios anteriores en el estado, los nuevos caciques no sólo utilizaban la acumulación de tierras utilizadas para adquirir puestos políticos y apoyo financiero, sino también utilizaron a los agricultores de subsistencia, muchos de ellos inmigrantes, como instrumentos para la expansión de los pastizales.

La mayor parte de los agricultores de subsistencia que colonizaron las zonas tropicales de Veracruz, en este siglo, practicaron la agricultura tradicional de roza, tumba y quema. En este sistema, después de la tala y la quema del bosque, por lo general se siembra maíz junto con frijol y a veces calabaza. Al cabo de unos años, cuando los rendimientos comienzan a disminuir, las áreas permanecen en barbecho y el agricultor prepara un nuevo campo para la agricultura.

Con el tiempo, el agricultor vuelve a la parcela original, que por lo general toma alrededor de cuatro a cinco años para recuperarse (Stuart, 1978). La expansión de los pastos interrumpió este ciclo. Los caciques de la zona por lo general alquilaron, compraron o

tomaron las tierras en barbecho para aumentar sus pastizales. En respuesta, los agricultores primero redujeron el periodo de descanso a tres años (Buckles, 1989) y nunca regresaron a los campos originales, los que nunca se regeneraron. En su lugar se trasladaron a nuevas áreas, que posteriormente transformaron en pastizales. Con el tiempo, la mayoría de los agricultores se trasladaron a zonas menos aptas para la agricultura, por lo que hoy en día la agricultura y altos niveles de pobreza caracterizan las tierras altas de Veracruz (Barrera Bassols, 1995).

Los ganaderos rara vez pagaron para la transformación de los bosques a pastizales, debido a que los agricultores de subsistencia inmigrantes llevaron a cabo la primera fase de la expansión de los pastizales. De la Peña (1946) describe el mecanismo en el norte de Veracruz, donde la Reforma Agraria no prosperó debido a los intereses de poderosos ganaderos. Aquí, los rancheros poderosos eran los propietarios de las tierras y autorizaron a los agricultores de subsistencia a cortar sus bosques para plantar maíz, siempre y cuando los agricultores aceptaran plantar pastos entre el maíz, una planta también de la familia de las gramíneas. Después del primer año, esta área se utilizaba como pastizal y no se dejaba reposar. El rendimiento de maíz disminuyó con la competencia de las gramíneas forrajeras. Esta práctica sigue siendo común hoy en día y ha proporcionado un mecanismo eficiente de transformación del suelo.

Talar el bosque fue técnicamente menos difícil con la aparición de las motosierras, que se escuchaban casi a diario en las regiones boscosas restantes de Veracruz. Mientras la madera ha sido un incentivo para tumbar el bosque, la tala rara vez ha sido una actividad productiva en Veracruz (Barrera Bassols, 1995). Las maderas preciosas a menudo se han vendido a precios bajos y grandes cantidades se han perdido debido a pobres técnicas de procesamiento y a la falta de programas de extracción coherentes.

La explotación forestal se volvió ilegal como resultado de una prohibición entre 1952 y 1978 y de nuevo desde 1982 hasta el presente (Barrera Bassols, 1995). Se calcula que en el sur de Veracruz, en el Uxpanapa, 19% de los costos de la colonización vino de desmontar el bosque. Estos costos se cubrieron con madera extraída de la zona (Ewell y Poleman, 1980). Los agricultores de subsistencia principalmente encabezaron la expansión de la frontera agrícola en este siglo y con poca o ninguna experiencia en la explotación forestal vendieron la madera al mejor precio que encontraron en el área. Rara vez se involucraron en la comercialización de los productos de la deforestación para obtener el precio real del mercado.

El crecimiento de la ganadería contó con el apoyo de leyes que surgieron poco después de la Revolución Mexicana, como la Ley de Tierras Ociosas promulgada en 1920. Esta ley trató de aumentar la producción agrícola y declaró que la tierra que no se utilizaba para la agricultura podía ser reclamada (Melgarejo Vivanco, 1980). Bajo esta ley, las zonas de barbecho, donde se le permitió a los bosques regenerarse para aumentar su posterior productividad, se consideraron improductivas y fueron sujetas a deforestación y posterior ocupación. Por lo

tanto, esta ley afectó tanto a la agricultura tradicional de roza, tumba y quema, como a las áreas boscosas y promovió la tala de los bosques como un medio para reclamar la tenencia de la tierra.

Adicionalmente, el artículo 27, fracción XV de la Constitución de 1917, permitió la expansión del ganado y la acumulación de tierras. Este artículo establece que se considera pequeña propiedad ganadera a cualquier área que no exceda la extensión necesaria para mantener 500 cabezas de ganado mayor o su equivalente en ganado menor, de acuerdo con la capacidad forrajera de los terrenos. Si el propietario de la pequeña propiedad mejoraba la calidad de la tierra a través del riego o drenaje, esas tierras no podrían verse afectadas por la Reforma Agraria, aunque los índices máximos fueran superados como consecuencia de la mejora (Tena Ramírez, 1987). Esta definición de la pequeña propiedad privada, basada en la capacidad forrajera, ha permitido la existencia de propiedades de hasta 50 mil hectáreas en el norte de México (Toledo, 1987, citado en Barrera Bassols, 1992).

Los caciques no sólo se vieron favorecidos por la ley, sino que también influyeron en la legislación nacional para su beneficio. En la primera versión de la Constitución de 1917, la fracción XV del artículo 27 afirmó que las autoridades encargadas de los asuntos agrarios no podían afectar a la pequeña propiedad agrícola bajo explotación. En febrero de 1946 la Constitución fue modificada para añadir la pequeña propiedad ganadera a este artículo. Al mismo tiempo, se añadió un párrafo a la fracción XV, que declaraba que los dueños de propiedades agrícolas o ganaderas bajo explotación, que tuvieran certificados indicando que sus tierras o aguas no se vieron afectados por las leyes de la Reforma Agraria (certificados de inafectablidad) podrían proceder legalmente (Tena Ramírez, 1987).

El origen de los certificados de inafectabilidad se remonta a la presidencia de Lázaro Cárdenas, que los proclamó en 1937. Estos certificados buscaron promover la industria de exportación de ganado. Sirvieron como un instrumento judicial en defensa de los ganaderos que se enfrentaron a quienes exigían tierra para la agricultura. Este mecanismo fue acompañado por la Ley de Asociaciones Ganaderas (1936) y el Reglamento de la Ley de Asociaciones Ganaderas (1938), que concedieron a estas asociaciones el derecho exclusivo para promover la ganadería. A nivel nacional la Confederación Nacional Ganadera mantuvo el derecho, al igual que las uniones ganaderas a nivel regional y las asociaciones ganaderas a nivel municipal. Estas últimas eran las únicas organizaciones legalmente reconocidas para recibir subsidios federales y estatales (Barrera Bassols, 1992).

En 1938, un equipo dirigido por el economista M. T. De la Peña fue comisionado por el gobernador de Veracruz, Miguel Alemán, para presentar un estudio sobre las actividades económicas de Veracruz. El reporte recomendó que se desarrollaran aún más las actividades ganaderas. De la Peña mencionó cómo los pastos artificiales con frecuencia fueron quemados durante los meses secos (De la Peña, 1946). Esta práctica continúa hasta hoy y puede estar vinculada a la

tradición de la agricultura de la roza, tumba y quema. Si el fuego no se controlaba bien, porciones de bosque a menudo se incendiaban. Estas áreas a su vez fueron ocupadas por agricultores de subsistencia, quienes luego vendieron sus tierras a ganaderos poderosos, aumentando así la expansión de los pastizales.

Posteriormente, en 1945, además de enviar comisiones para informar sobre las actividades económicas en el estado, el entonces gobernador de Veracruz, Adolfo Ruiz Cortines, llamó a los representantes de las asociaciones ganaderas (una por municipio) y de las uniones regionales, a una convención estatal en Xalapa, la ciudad capital. Esta convención identificó tres problemas principales en el desarrollo de la ganadería: l) la falta de seguridad en términos de tenencia de la tierra (los certificados de inafectabilidad fueron considerados necesarios como una protección contra la reforma agraria), el abigeato y robo del alambre de púas; 2) pocos avances en la prevención de enfermedades, manejo de pastizales y razas de ganado y 3) la falta de organización. De la Peña (1946) consideró este último el más agudo de los tres problemas.

El Estado actuó para disminuir los problemas identificados en la convención. El Código Agrario de 1943 permitió a los productores con concesiones para ganadería mantener un área pequeña hasta la terminación de la concesión. Esta tierra se destinaría para la cría de ganado y se definió como pequeña propiedad privada de acuerdo con la Ley de Derechos de la Pequeña Propiedad. El código probablemente perpetuó muchas concesiones ganaderas y sus certificados de inafectabilidad (Barrera Bassols, 1992). Después de la fiebre aftosa de 1946, el gobernador Adolfo Ruiz Cortines promovió leyes para reforzar las medidas preventivas para asegurar la salud del ganado. Se tornó obligatorio notificar a las autoridades sobre la existencia de enfermedades en el ganado, vacunar a los animales y analizar si las vacas de ordeña tenían tuberculosis. Estas leyes también hicieron hincapié en que los ganaderos debían organizarse en asociaciones para la protección de sus propios intereses, para integrar un sistema de créditos ganaderos y para la cooperación con el estado (Melgarejo Vivanco, 1980). Estas asociaciones habilitarían posteriormente a los caciques para adquirir poder político.

El acceso de los caciques al poder político y al uso de la violencia está bien ilustrado en el sur de Veracruz, donde los ganaderos fueron dirigidos por Fernando López Arias, quien más tarde se convirtió en gobernador del estado. En la década de 1980 el líder de los ganaderos era Cirilo Vázquez Lagunes, cuyo pariente Acosta Lagunes fue gobernador. De acuerdo con informes de la prensa, este cacique recurrió a la violencia para consolidar su poder regional y, como resultado, la mayoría de las comunidades de la zona perdieron la autosuficiencia en la agricultura y su acceso legal a la tierra (Blanco, 1992). A través del "cirilismo", como se ha llamado a este método para obtener poder, los ganaderos controlaron la construcción de carreteras, los comités locales del partido oficial, los sindicatos campesinos, los sindicatos locales ganaderos e incluso eran los dueños del periódico *Diario del Sotavento*. Cuando Fernando Gutiérrez Barrios, el sucesor de Acosta Lagunes, tomó posesión, el estado desmontó al "cirilismo" (Amezcua Cardiel, 1990). Para entonces, sin embargo, la Unión Ganadera del

Sur, compuesta por 16 mil miembros, controlaba 50% de la tierra en esa región (Blanco, 1992).

El grupo más afectado por los caciques fue el de los agricultores de subsistencia, que incrementaron en número a través del crecimiento de la población en Veracruz y de la inmigración de otros estados. Hasta la década de 1950 la falta de sistemas de comunicación en las selvas tropicales de Veracruz había conservado estas áreas. Muchos, sin embargo, creían que tenían un gran potencial económico y las consideraron como la panacea para resolver las presiones de otras regiones, tras el aumento de la población y la distribución desigual de la tierra. Como resultado, el programa Marcha al Mar se inició en la década de 1940 para colonizar la costa de Veracruz y expandir la frontera agrícola (Fernández Ortiz *et al*., 1993).

El gobierno promovió aún más la colonización en los años 1960 y 1970 como una válvula de escape para las áreas sobrepobladas (Halhead, 1992). Se esperaba que el sur de Veracruz proporcionara alimentos a más de la mitad del país, como Francisco López Serrano, director de colonización, informó a la prensa en 1961. La tierra se asignó a los recién llegados en Los Tuxtlas, sin estudios agronómicos previos. Los terrenos nacionales en esa área se calcularon en 200 mil hectáreas por lo menos. La mayor parte de la región fue convertida en ejidos (tierra comunal que puede ser dividida en lotes) o en propiedad privada (Blanco, 1992). Los colonos vinieron de otros estados dentro del país, así como de zonas densamente pobladas dentro de Veracruz, particularmente de las tierras altas (De la Peña, 1946). Fueron la vanguardia de la expansión ganadera y muchos se convirtieron incuso en ganaderos (Fernández Ortiz *et al*., 1993).

Los ganaderos dentro de los ejidos imitaban el mecanismo ideado por los caciques para acumular la tierra. Estos ejidatarios controlaban la mayor parte de la tierra comunal. Además, fueron auxiliados en su esfuerzo por adquirir más tierra por la migración de los ejidatarios jóvenes a las ciudades, como Coatzacoalcos y Minatitlán, donde los salarios permitieron ingresos más altos que en las áreas rurales (Blanco, 1992). Otro mecanismo para aumentar la propiedad del ganado dentro de los ejidos ha sido la práctica del "mediero", a través de la cual los propietarios del ganado ofrecen la mitad de los becerros criados al propietario del pastizal, quien por lo general es miembro de un ejido o de tierras comunales, a cambio de usar esa tierra. Los ganaderos también alquilan tierras en los ejidos. Como resultado, algunos grandes propietarios de ganado en Veracruz no poseen tierra alguna (Melgarejo Vivanco, 1980). Por último, además de la práctica del "mediero", grandes ganaderos en los ejidos incluyen a miembros de la familia como ejidatarios para que acumulen aún más las tierras ejidales.

Melgarejo Vivanco (1980) proporciona datos que muestran que las tierras privadas en 1979 ascendían a cerca de la mitad de la tierra registrada, éste también era el caso de la propiedad comunal. Además, Veracruz es el estado en México con el mayor número de ejidos (12% del total nacional); ocupa el segundo lugar en número de ejidatarios (7.3% del total nacional) y es el primero en unidades productivas rurales dedicadas a la ganadería (Barrera Bassols, 1992). Estas estadísticas indican un extenso proceso de distribución de la tierra.

Un análisis detallado, sin embargo, revela grandes desigualdades. Según las cifras de Melgarejo Vivanco (1980), la propiedad comunal promedio por familia en 1979 fue de 14.7 hectáreas, mientras que el promedio de la unidad de producción privada fue de 41 hectáreas. Adicionalmente, algunas de las propiedades definidas como comunitarias no eran estrictamente de esta naturaleza, como es el caso de las colonias, los centros de población y las ambiguas posesiones provisionales. En bastantes casos muchas de las unidades de producción privadas eran de la misma persona o familia, lo que ilustra otro mecanismo de acumulación de tierras. En términos de unidades de producción, en 1979 sólo 28% de los ejidos en Veracruz se dedicaban a la ganadería (Barrera Bassols, 1992), mostrando su limitada participación en la actividad dominante en el estado.

En 1990 se registraba a Veracruz en el segundo nivel más alto de pobreza en México ya que la mayoría de sus municipios no cumplían los requisitos mínimos considerados necesarios para el bienestar social (Amezcua Cardiel, 1990). Los niveles críticos de pobreza más alta se registraron principalmente en las tierras altas, sobre todo entre la población indígena, aunque existía pobreza en todo el estado (Amezcua Cardiel, 1990).

Pajapan, en el sur de Veracruz, es un ejemplo de una comunidad nahua cuya extrema pobreza está relacionada con la cría de ganado (Buckles y Chevalier, 1993). Esta comunidad indígena adquirió su tierra legalmente en 1765. En aquel momento las tierras comunales consistían de lotes privados bajo un gobierno político comunitario, en el que la religión y el parentesco jugaron un papel significativo. La Revolución desconoció ese antiguo sistema como legal y se desarrolló una lucha sobre la tierra. En 1932 los jefes de la vieja forma de gobierno solicitaron que el área fuera reconocida como un ejido ya que estaban preocupados por la expansión de ranchos adyacentes. Los ganaderos de Coatzacoalcos respondieron con violencia y hubo tres presidentes municipales asesinados, en 1932, 1934 y 1937. Con el tiempo, algunos indígenas aceptaron dinero de los ganaderos por sus tierras en barbecho y desarrollaron nuevas áreas agrícolas en pendientes pronunciadas. Los representantes del partido oficial apoyaron este sistema ya que todos los presidentes municipales a partir de 1948 a 1968 fueron ganaderos que retrasaron en su propio beneficio la solicitud de la comunidad para aclarar la tenencia de la tierra. Sin embargo, muchos miembros de la comunidad continuaron luchando por sus derechos y en la década de 1980 finalmente aseguraron sus tierras.

El ejemplo de Pajapan muestra, como indican D. Buckles y J. Chevalier (1993), que muchas instituciones dentro del gobierno se han utilizado para suprimir a la oposición y para apoyar a los ganaderos. La larga lucha por la tierra en Pajapan ha provocado el desplazamiento de una gran parte de la comunidad indígena agrícola hacia la pesca y a los servicios en las áreas urbanas de Coatzacoalcos y Minatitlán. Esta migración explica por qué las comunidades indígenas de Veracruz, a pesar de que muestran una tasa de crecimiento poblacional más alta que la media del estado, registran una disminución local en la población, mientras que los centros urbanos experimentan el mayor aumento de población indígena (Velasco Toro, 1993).

La desigualdad que permaneció en las comunidades es sorprendente. En Pajapan, en la década de 1970, 61% de la población local no era dueña de la tierra, mientras que 3% controlaba la mitad de la tierra, principalmente las zonas fértiles y planas. Sólo 19% de las familias tenían ganado, aunque la mayor parte del territorio estaba dedicada a la ganadería (Buckles y Chevalier, 1993).

El hecho de que Veracruz ocupe el primer lugar en la nación, en términos del número de cabezas de ganado, nos llevaría a esperar que la carne fuera abundante y fácilmente disponible para su población. N. Barrera Bassols (1992) presenta algunos datos que sugieren lo contrario.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 35 kilogramos de carne per cápita al año se considera el requisito mínimo en el consumo de carne de res. En 1986 la población de 5.5 millones de personas mayores de cinco años en Veracruz, teóricamente requeriría 340 mil 380 toneladas de carne en canal (aproximadamente 60% de carne neta). En este mismo año, Veracruz produjo 145 mil 316 toneladas de carne en canal, tanto para los mercados interno y externo. Esta cifra indica un déficit en la producción de carne que supera 50%. La producción para el consumo interno en 1986 representaba 13% de la estimación necesaria para satisfacer los requisitos mínimos de la población (Barrera Bassols, 1992). La ganadería en Veracruz, según estos datos, no cumple con las necesidades alimentarias de la población.

En resumen, un poderoso grupo de caciques que surgió después de la Revolución utilizó la ganadería como un medio para adquirir tierra y poder, al igual que ocurrió después de la Conquista. Sin embargo, después de la Revolución, los caciques utilizaron a los agricultores de subsistencia para transformar los bosques a zonas de barbecho, que luego fueron alquiladas, compradas o tomadas por los caciques para convertirse en pastizales. Los otros ganaderos que no eran caciques incluyeron a rancheros que adquirieron ganado a través de la práctica del "mediero" o a ejidatarios que acumularon tierras y practicaron la ganadería dentro de los ejidos. Sin el incentivo económico de la madera, que existía en otras áreas de América Latina, en Veracruz la ganadería en grandes áreas representó una inversión que sólo generó ingresos cuando se practicaba a gran escala. Los caciques propietarios de grandes extensiones de tierra encontraron valor no sólo en su ganado, sino también en el poder político, subsidios y créditos derivados de la ganadería a gran escala.

Créditos

Aunque la información es muy escasa, algunos ejemplos arrojan luz sobre la magnitud de los fondos canalizados hacia el desarrollo de la ganadería en el ámbito nacional. Con respecto a los créditos nacionales, la historia de los fondos para la expansión ganadera se puede dividir en dos periodos (Toledo *et al*., 1993). El primero, de 1940 a 1970, se caracteriza por una disminución relativa de los créditos otorgados a los sectores agrícolas y ganaderos, así como una tendencia del crédito privado para favorecer la ganadería sobre la agricultura. Durante el segundo periodo, 1970-1977, los créditos a la agricultura y a la ganadería aumentaron notablemente; el apoyo de la banca privada a la ganadería se consolidó (entre 54 y 74% de los créditos privados fueron a esta actividad), mientras que la banca nacional favorecía la agricultura. Esta tendencia continuó en la década de 1980, cuando los créditos privados y mixtos (públicos y privados) fueron asignados en 70.2% a la ganadería y sólo en 29.8% a la agricultura. El Banco Nacional canalizó 76.1% de los créditos a la agricultura, dejando 23.9% para el ganado.

Veracruz ilustra bien el apoyo de las políticas de crédito a la ganadería. De la Peña analiza los créditos obtenidos por los ganaderos en el norte de Veracruz de diferentes bancos en 1946. El Banco Ganadero de Tampico, el Banco de Comercio de Tampico y el Banco de Tuxpan dieron créditos a pagar en 10 meses con un interés mensual del 1% sobre 50% del valor del ganado a engordar. De 1956 a 1958, los créditos para la mejora del ganado se obtuvieron del Eximbank y fueron canalizados a través del Banco Nacional de Crédito Agrícola para comprar toros de ocho razas diferentes (Melgarejo Vivanco, 1980). El estado proporcionó el semen de estas razas mejoradas de forma gratuita en la ciudad capital de Xalapa (J. Montagut, com. pers.). En el sur de Veracruz, la ganadería obtuvo 80% de los créditos rurales en la década de 1980, eso a través de la Unión Ganadera del Sur, que estaba compuesta por 16 mil miembros y que controlaban 50% de la tierra en la región (Blanco, 1992). De 1980 a 1983, según un estudio realizado en 1986 (citado por Barrera Bassols, 1992), el gobierno canalizó 8,181,600,000 pesos al desarrollo de la ganadería estatal de un total de 13,500,000,000 pesos asignados a la agricultura y ganadería. Vale la pena señalar que esto ocurrió a pesar de que el número de cabezas de ganado mostró una disminución entre 1980-1983.

Los investigadores interesados en el impacto de la ganadería sobre los bosques sugieren que, los créditos internacionales también jugaron un papel muy importante en la expansión de la ganadería. Entre 1971 y 1977 el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo dieron préstamos para la ganadería en México por un total de 527.4 millones de dólares, lo que representó 48.7% de la cantidad total dada a América Latina (Toledo *et al*., 1993).

La contraparte mexicana, el Banco de México, canalizó 639 millones de dólares. Toledo, Carabias, Toledo y González-Pacheco (1993) afirman que el apoyo internacional puede explicarse por el hecho de que una gran parte de la producción de ganado en México se suministra a los Estados Unidos, un país con una

creciente demanda de carne en América Latina. Rancheros mexicanos, principalmente del norte de México, han exportado a los Estados Unidos desde un quinto a un tercio de la producción nacional. En el periodo de 1985 a 1986, 850 mil cabezas de ganado fueron exportadas, una cifra que alcanzó un millón entre 1986-1987 (Toledo *et al*. 1993).

Además de la cantidad de fondos canalizados a la ganadería, la oportunidad de los créditos y los grupos que fueron favorecidos jugaron un papel importante en el desarrollo de la ganadería en Veracruz. Los grandes propietarios y por lo tanto muchos ganaderos (incluyendo caciques) recibieron preferencia para recibir créditos, lo cual resultó en una mayor expansión territorial. Recibieron los créditos cuando los precios de la carne de res eran altos, una situación que terminó en el último año de la década de 1980.

Por el contrario, los ejidatarios recibieron créditos para ganado sólo cuando los precios de la carne de res disminuyeron. Los bajos precios de la carne de res perjudicaron su capacidad para recuperar su inversión (Blanco, 1992). Las ventajas económicas, legislativas e incluso agronómicas, que poderosos ganaderos disfrutaron catalizaron la rápida transformación del paisaje, que es evidente en un análisis de los cambios en el uso del suelo en el estado.

Transformación del paisaje

La literatura de la historia de la expansión de la ganadería en Veracruz se limita a unas pocas fuentes y es mínima cuando se compara con la bibliografía agrícola. De la Peña (1946) y Melgarejo Vivanco (1980) son las principales fuentes de información histórica sobre la ganadería y son seguidos por una serie de publicaciones recientes en la zona, que aparecieron una vez que los investigadores se dieron cuenta de la importancia de la expansión de la ganadería y su relación con la deforestación (ver Barrera y Rodríguez, 1993). A pesar de estas limitaciones y estadísticas, a menudo poco fiables sobre el uso de la tierra, se puede obtener una imagen razonable de la expansión de los pastizales. Desde principios del siglo a 1970, se dio un aumento en las zonas agrícolas y aumentaron los pastizales. Esta expansión se produjo a expensas de los bosques. A partir de la década de los setenta la agricultura mostró una disminución, mientras que el crecimiento de la ganadería continuó sustituyendo a los bosques y a la agricultura (Figura 1).

La siguiente sección examina el proceso de deforestación y la importancia biológica de los ecosistemas que desaparecen en Veracruz, el incremento posterior y luego la disminución de la agricultura y la constante expansión de la ganadería en este siglo.

La reducción exacta de la cobertura forestal durante este siglo en Veracruz se desconoce ya que las estimaciones tempranas del censo forestal son altamente cuestionables. En 1940 se reportaba una clara subestimación de 2,200,000 hectáreas, 30.9% del estado, como forestal. Esta cifra es probablemente errónea, lo que explica la mayor estimación reportada en 1976, que ascendió a 2,600,000

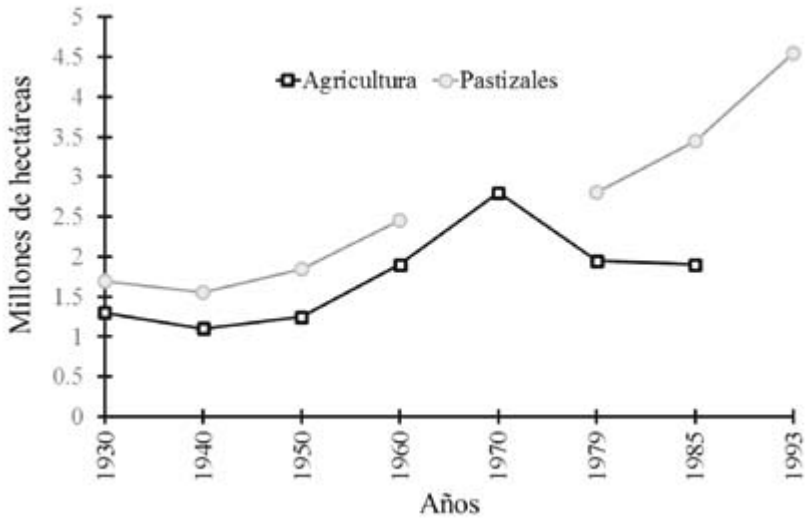

Figura 1. Pastizales y zonas agrícolas en Veracruz, de 1930 a 1993. (Fuente: Barrera Bassols, 1989, 1992, 1996; Barrera y Rodríguez, 1993; De la Peña, 1946; Toledo et al., 1993 [datos para el área de pastizales en 1970 no están disponibles]).

hectáreas, o 36.4% de la superficie de Veracruz. En 1985, sólo 19.8% del estado permanecía cubierto por bosques (Barrera Bassols, 1992).

Los bosques tropicales perennifolios en Veracruz son los ecosistemas más ricos del estado, en términos de número de especies y siguen siendo el tipo dominante de bosque que queda en Veracruz. Sobre la base de las condiciones climáticas en el estado, el área original ocupada por este ecosistema era probablemente cerca de 65% del territorio del estado (Ordóñez y García Oliva, 1992). Se estima que un máximo de 20% de esa área está todavía cubierta por bosques (Flores Villela y Gerez, 1988). Aproximadamente 80% de la selva tropical original del estado ha sido transformada, sobre todo en pastizales.

La pérdida de la cobertura forestal tuvo un severo impacto sobre la biodiversidad en la entidad. Veracruz es uno de los estados de mayor riqueza biológica en México. Se estima que alberga ocho mil especies de plantas (Gómez Pompa *et al*., 1984, citado por Flores Villela y Gerez, 1988) de un total de 22 mil especies estimadas para todo el país (Rzedowski, 1993). Ochenta y cinco de estas especies de plantas están consideradas en peligro de extinción. Veracruz es el tercer estado mexicano más rico en términos de diversidad de animales y 394 especies de vertebrados terrestres endémicos de Mesoamérica se encuentran aquí. Sin embargo, 21 de estas especies animales actualmente se consideran en peligro (Flores Villela y Gérez, 1988).

Además de la amenaza de una mayor pérdida de especies, ecosistemas enteros han sufrido graves daños en este siglo en Veracruz. En 1988 los biólogos estimaban que 25.6% del estado todavía estaba cubierto con sistemas ecológicos "íntegros" (biomas con poca perturbación), incluyendo bosques de encinos y

coníferas, selvas bajas caducifolias y selvas perennifolias (Flores Villela y Gerez, 1988). 74% de la superficie del estado había experimentado diferentes niveles de perturbación (Flores Villela y Gerez, 1988). En términos de la erosión, 60.28% del estado se consideró ligeramente erosionado, 29.47% presentó erosión de nivel medio, 8.75% alcanzó un nivel alto y 0.86% sufría de erosión severa, de acuerdo con los agrónomos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) en 1980 (Toledo *et al.,* 1993).

La legislación contra la deforestación fue lenta para reaccionar a los rápidos cambios en el uso del suelo. En 1946 De la Peña informó que se obtenía madera tropical (caoba y cedro) libremente en las zonas a lo largo de ríos como el Coatzacoalcos. La extracción de madera más tarde fue facilitada por la mejora de las comunicaciones. No fue sino hasta 1952 que un decreto presidencial suspendió el permiso para la extracción de madera. Sin embargo, la explotación ilegal continuó. Los proyectos forestales se llevaron a cabo cuando esta prohibición fue revocada en 1978, aunque su fracaso condujo a una nueva prohibición al desmonte en 1982 (SARH, 1992). Sin embargo, la aplicación es muy débil y la extracción ilegal sigue siendo generalizada donde quedan remanentes de bosque.

Mientras los bosques disminuían, la agricultura se expandía hasta 1970. En la década de 1960 Veracruz se consideró la principal fuente de maíz en México (Amezcua Cardiel, 1990). El periodo de 1960 a 1965 vio el mayor aumento en la producción de granos básicos en Veracruz y de la tierra dedicada a ella. A partir de 1965, la tendencia en la producción y el área dedicada a los granos básicos sufrió un cambio fundamental. La superficie cultivada de granos básicos disminuyó en 24%, de 1965 a 1970. De 1975 a 1979, una caída considerable de 42% en la producción de granos básicos tuvo lugar (Fernández Ortiz *et al*., 1993). Así los pastizales aumentaron a expensas no sólo de los bosques, sino también de las áreas agrícolas. Un crecimiento de 6% desde 1960 fue reportado en el área de pastizales en 1970, lo cual puede ser una subestimación, dado el aumento en el ganado (Figura 2) y la falta de cambio en el coeficiente de agostadero (Fernández Ortiz *et al*., 1993).

Se ha sugerido que en la década de 1970 los campesinos ejidatarios, desilusionados por las políticas de crédito, los bajos precios de los cultivos y la inseguridad en la tenencia de la tierra, prefirieron alquilar sus tierras a los ganaderos (Amezcua Cardiel, 1990). El llamado "milagro mexicano" (1940-1968), un periodo caracterizado por un crecimiento económico acelerado bajo el modelo económico de sustitución de importaciones, que promovió con éxito la producción agrícola a cambio de la manufactura, había terminado. En 1975, durante la administración del presidente Luis Echeverría (1970-1976), la economía mexicana experimentó una de sus mayores crisis. El crecimiento de la producción per cápita fue nulo, el salario real cayó por debajo de los niveles de 1972, la inversión privada se contrajo, el déficit en la cuenta corriente de la balanza de pagos fue mayor que en 1971 y el desempleo afectó a 45% de la población económicamente activa. Se llegó a un punto culminante con el colapso de los productos agrícolas y la contracción del crédito. La escasez agrícola llevó al aumento de

Figura 2. Cabezas de ganado en Veracruz, 1902-1993. (Fuente: Barrera Bassols, 1989; Barrera y Rodríguez 1993; De la Peña, 1946; Fernández Ortiz et al., 1993; Melgarejo Vivanco, 1980).

precios y obligó a México a la importación de productos, como el maíz, del que antes tenía un superávit (Aguilar Camín y Meyer, 1993).

La crisis nacional no detuvo la expansión de la ganadería. Veracruz, en la década de 1970 continuó siendo el estado mexicano con el mayor número de ganado (Amezcua Cardiel, 1990), una posición que alcanzó en 1960 (Fernández Ortiz *et al*., 1993) desde la segunda posición, en 1940 y tercera en 1930 (De la Peña, 1946). Para la década de 1960 los pastizales en Veracruz ocuparon 33% y la agricultura 26.1% del estado (Figura 1). En 1975 el ganado creció a casi 4.5 millones de cabezas de ganado, lo que implicaba un aumento de 17% en comparación con 1970 (Figura 2). En 1975 Veracruz poseía 13.7% del ganado bovino del país (Fernández Ortiz *et al.* 1993).

La década de 1980 mostró un ligero descenso, entre 1980 y 1983, en el número de cabezas de ganado, que alcanzó el nivel de 1978 en 1984, seguido de una recuperación a 4.6 millones de cabezas para 1986 (Figura 2). La ganadería aumentó a 4.8 millones de cabezas en 1993. La disminución a principios de la década de 1980 y el subsecuente bajo aumento, posterior hacia la década de 1990, se ha llamado la crisis de la ganadería, lo que sugiere problemas en la forma extensiva de la ganadería. Se ha sugerido que la interrupción al crecimiento acelerado fue debido a los límites físicos ya alcanzados en los trópicos (poco bosque queda que puede ser convertido a pastizal), así como a una disminución en los subsidios para la ganadería (Fernández Ortiz *et al*., 1993) y descenso en los precios del ganado (Melgarejo Vivanco, 1980). Un aumento actual en el valor de la tierra también está haciendo más difícil la expansión. Los ganaderos están empezando a tratar de usar la tierra más intensamente y están con-

siderando otros usos del suelo, además del ganado (Fernández Ortiz *et al*. 1993).

Algunos autores sugieren que la crisis ganadera de la década de 1980 corresponde a la crisis económica nacional, lo que dio lugar a la contracción del mercado interno debido a la inflación y la caída de los salarios. En ese momento, el mercado internacional podría haber presentado una alternativa al mercado nacional. Sin embargo, los ranchos de ganado de alta calidad de los estados del norte de México han sido tradicionalmente proveedores de los Estados Unidos (Amezcua Cardiel, 1990), mientras que la ganadería tropical tenía un mercado en las grandes ciudades nacionales. La Ciudad de México sigue siendo el principal destino para el ganado de Veracruz. A modo de ejemplo, en 1976 la producción para el consumo del estado alcanzó 180 mil cabezas de ganado, mientras que el Distrito Federal recibió 509 mil 880 cabezas de Veracruz (Melgarejo Vivanco, 1980). Además, con el auge petrolero en la segunda mitad de la década de 1970, la industria del petróleo floreció en Minatitlán y Coatzacoalcos, centros industriales que proporcionaron nuevos mercados para el ganado. La dependencia de los proveedores de ganado de las poblaciones urbanas se hizo crítica en la década de 1980. La disminución en el poder adquisitivo en las ciudades fue evidente en 1984, cuando comprar un kilogramo de carne representó 65% del salario mínimo diario, mientras que en 1988 representaba 88% de este salario (Barrera-Bassols *et al*., 1993). Entre 1982 y 1986 el consumo anual de carne de res de los mexicanos se redujo a la mitad y el consumo de leche en un tercio (Aguilar Camín y Meyer, 1993).

Un factor adicional en la reciente crisis de la ganadería fue la "modernización" de la economía mexicana por parte del presidente Carlos Salinas. Muchas empresas estatales fueron privatizadas durante su administración. En 1992, 85% de las más de mil empresas adquiridas por el estado se vendieron de nuevo al sector privado (Meyer y Sherman, 1995). Muchos subsidios estatales desaparecieron y el gobierno disminuyó su apoyo incondicional a los ganaderos. México entró en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, lo que obligó a la economía a modernizarse para competir con los mercados internacionales. La modernización necesitaba grandes inversiones que sólo eran posibles para los grandes propietarios de ganado (Hoffmann, 1993). Estos individuos, principalmente en el norte de Veracruz, han intensificado la ganadería mediante el confinamiento de los animales a los establos (por lo menos parte del tiempo), proporcionando forraje enriquecido. Esta intensificación permitió que algunas de las tierras se utilizaran para actividades distintas de la ganadería. El norte de Veracruz pudo así ser capaz de modernizar y continuar con la producción de ganado.

Ahora está menos claro qué pasará con el sur de Veracruz (Barrera Bassols, com. pers.). Los ganaderos están experimentando con alternativas intensivas de uso del suelo. En 1993 los ganaderos expresaron su interés en la obtención de certificados de inafectabilidad de sus tierras por parte del gobierno, a cambio de producir granos básicos con mecanización. Desde que comenzó la reducción en los precios del ganado, los ganaderos se han interesado en los monocultivos de frutas tropicales (papaya, plátano, sandía, melón, piña; Blanco, 1992). Es posible que esta intensificación pueda reducir la presión sobre la tala de los fragmentos de bosque restantes; sin embargo, las plantaciones de eucalipto para pulpa de papel son un creciente uso del suelo. La empresa forestal Plantaciones Forestales del Sureste, cuenta con 6 mil hectáreas en Tabasco y Veracruz para este propósito y planea adquirir 21 mil hectáreas más (Paré, 1996).

Skerritt (1993) afirma que la cultura asociada a la ganadería ha sido uno de los obstáculos para su modernización en los últimos tiempos. La cultura del vaquero o ranchero se basa en los valores de la virilidad, la habilidad ecuestre, el control patriarcal y la participación de la familia. Difundido a las ciudades a través del cine y eventos tales como los lienzos charros, esta cultura ha atraído a habitantes de la ciudad, muchos de los cuales han invertido en la ganadería, creando así una clase de rancheros diferente a los caciques. Sería de esperar que estos urbanistas sean los principales promotores del cambio y la modernización. Sin embargo, las tradiciones que atrajeron a estas personas entran en conflicto con modernas técnicas como la inseminación artificial, plantas de empaque y la intensificación del uso del suelo. La adopción de estos sistemas modernos de producción implicaría la pérdida de valores, como la participación familiar y el control patriarcal.

En resumen, la expansión ganadera pasó por cuatro periodos diferentes en el estado de Veracruz (Barrera Bassols, 1992). El primero, de 1930 a 1970, mostró un crecimiento acelerado, seguido de un periodo de expansión moderada de 1970 a 1977. El crecimiento luego se detuvo de 1978 a 1986 pero después de 1986 un bajo aumento tuvo lugar hasta la década de 1990. La expansión de la ganadería fue acompañada por una conversión de zonas agrícolas a pastizales a partir de 1970. Por último, las selvas tropicales también experimentaron una gran reducción. Es probable que sólo 20% de la cobertura original permanezca en la actualidad. La ganadería extensiva está experimentando una crisis actual, conocida como la crisis de la ganadería, lo que puede dar lugar a una intensificación de la ganadería y en usos alternativos del suelo en algunas regiones del estado.

Conclusiones

Este artículo ha examinado cómo la introducción de ganado a la Nueva España creó un mecanismo de colonización, lo que implicó la acumulación de tierras en pocas manos. Este sistema permitió un aumentó en el estatus político entre los colonizadores y una mayor acumulación de tierras. Esto fue acompañado de una cultura emergente que asoció la nueva actividad en América con el prestigio y el poder y restringió la ganadería a los colonizadores. Incluso si las haciendas mostraron pocas ganancias, la acumulación de tierras en esta aristocrática sociedad estuvo asociada con títulos de nobleza (Chevalier, 1976).

El cambio del último siglo trajo la llegada de innovaciones tecnológicas que prepararon el terreno para la mayor expansión de ganado experimentada por las regiones tropicales de México. Estas innovaciones incluyen la introducción de pastos, nuevas razas de ganado, alambre de púas, motosierras y mejores sistemas de comunicación. Permitieron la práctica de la ganadería en zonas que antes eran inadecuadas.

Durante este siglo Veracruz fue testigo de una expansión desenfrenada de la ganadería. Este uso del suelo fue promovido por una clase social que surgió de la Revolución Mexicana, los caciques. Concentraron riqueza, tierra y poder a través de un sistema que involucraba la adquisición de la tierra, principalmente de agricultores de subsistencia que practicaban la agricultura de roza, tumba y quema. Como resultado, la desigualdad entre estos dos grupos aumentó y la pobreza alcanzó niveles sin precedentes en el estado. Los caciques y más tarde grandes ganaderos influyeron en la legislación y en la política a su favor. Ellos fueron beneficiados por los subsidios al crédito de fuentes internacionales y nacionales, públicas y privadas.

Veracruz experimentó una significativa pérdida de bosques y degradación de los ecosistemas en este siglo. Hasta la década de 1970, los bosques desaparecieron a través de la agricultura y la ganadería. Debido a una crisis nacional, las áreas agrícolas se convirtieron paulatinamente en pastizales a partir de la década de 1970. El rápido aumento en las áreas de pastizales comenzó su desaceleración en la década de 1980, durante la crisis de la ganadería, muy probable es que como

resultado de los límites físicos a la expansión, un alto en los subsidios del gobierno, una reducción en el consumo de carne en la Ciudad de México y una reciente caída en los precios de la carne.

La crisis de la ganadería sugiere posibilidades de un futuro cambio hacia usos de suelo más intensivos. Dada la alta inversión necesaria para esta transformación, las nuevas actividades pueden liberar partes de las grandes propiedades de la producción, sobre todo en zonas muy erosionadas. Es posible plantear la hipótesis de futuros cambios en el uso del suelo. En el norte de Veracruz, donde la producción de ganado se está modernizando y existe una mejor comunicación con los mercados nacionales e internacionales, la ganadería probablemente se mantendrá y continuará representando un importante sector de la economía. Para ser rentable, esta actividad tendrá que ser intensificada aún más (a través de la estabulación de ganado) y la calidad de la carne tendrá que mejorar (Barrera Bassols, com. pers.).

En el sur de Veracruz, la ganadería extensiva ya está mostrando signos de disminución. Es muy poco probable, sin embargo, que esta actividad vaya a desaparecer dada su tradición en el estado. Los créditos para la ganadería parecen ser ahora para los ejidatarios, debido a que los ganaderos prefieren créditos agrícolas para explotar sandía, melón, piña y otras frutas tropicales que se han vuelto más rentables. Estos ganaderos están tratando de combinar las plantaciones de frutales con el ganado para asegurar la tenencia de la tierra y aprovechar las nuevas fábricas de procesamiento y empaque de carne de res, tales como la de Acayucan (Blanco, 1992). Existe la posibilidad de que algunos pastizales o algunas porciones de pastizales puedan ser abandonados, debido a la posible intensificación de uso de la tierra. La liberación de las tierras de la producción se producirá sólo después de que la tenencia de la tierra esté asegurada a través de los títulos de propiedad privada prometidos por los recientes cambios en el artículo 27 de la Constitución mexicana.

Incluso si se detiene la expansión del ganado, la deforestación puede continuar. En las comunidades indígenas en Santa Marta, por ejemplo, la explotación de la palma camedor (*Chamaedorea* sp.) para la exportación está afectando a los pocos fragmentos de bosque que perduran. Si bien se han iniciado las plantaciones de árboles, ninguna está acompañada de una agenda para regenerar los ricos bosques que hicieron famoso a Veracruz. Como se mencionó anteriormente, las plantaciones de eucalipto pueden expandirse rápidamente a partir de los ya existentes que pertenecen a compañías de pulpa de papel, si la sociedad y el gobierno no establecen límites claros a los tipos de uso del suelo en suelos tropicales (Paré, 1996).

La pregunta que queda es: ¿si los nuevos usos de suelo en Veracruz serán tan destructivos para el medio ambiente y para el tejido social, como la ganadería? La respuesta depende al menos de dos factores importantes: leyes y su aplicación en un México que muestra cambios políticos significativos. Si las leyes que incorporen el valor de la naturaleza y que reflejen una participación democrática son promulgadas en el estado, es posible establecer una base para la mejora. Si

la aplicación se convierte en una realidad, la mejora puede tener lugar. Con el fin de convertirse en una realidad, la aplicación tiene que descansar sobre los mecanismos de participación activa de todos los sectores sociales en Veracruz. Dado que las leyes tienen que basarse en una política informada, es evidente que se necesitan con urgencia estudios extensos y precisos del estado con sus diversas regiones. Datos fiables e investigación objetiva sobre el impacto y la expansión de la ganadería no sólo arrojarán luz sobre la comprensión de un importante proceso de transformación del suelo en Veracruz, sino que también proporcionarán una base sólida para la planificación futura sobre el uso más adecuado de los recursos naturales.

Referencias

Aguilar Camín, H. y Meyer, L. 1993. *In the shadow of the mexican revolution: contemporary mexican history, 1910-1989.* University of Texas Press, Austin.

Aguirre Beltrán, G. 1992. *Pobladores del Papaloapan: biografía de una hoya.* Ediciones de la Casa Chata. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social del Golfo, Xalapa.

Amezcua Cardiel, H. 1990. *Veracruz: sociedad, economía, política y cultura.* Biblioteca de las Entidades Federativas. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, México.

Attolini, J. 1950. *Economía de la cuenca del Papaloapan: bosques, fauna, pesca, ganadería e industria.* Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México.

Barrera Bassols, N. 1989. *El impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz.* Tesis de maestría, Centro de investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) Golfo, Xalapa.

_____. 1992. El impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz. Pp. 79-114. En: Boege, E. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

_____. 1995. *Historia ambiental de la ganadería en Veracruz*: 1519-1990. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) Golfo, Xalapa.

Barrera Bassols, N y Ortiz Espejel, B. 1992. Transformaciones del uso del suelo y diferencialidad espacial: el caso del trópico veracruzano. Pp. 83-122. En: Fuentes Aguilar, L. (Coord.). *Cambio en el uso del suelo agrícola en México*. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Barrera-Bassols, N., López Binnquist, C. y Palma Grayeb, R. 1993. Vacas, pastos y bosques en Veracruz: 1950-1990. Pp. 35-71. En: Barrera, N. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz.* Friedrich Ebert Stiftung, Centro de investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Barrera, N. y Rodríguez, H. (Coords.). 1993. *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Blanco, J.L. 1992. La problemática del proyecto agropecuario en el sur de Veracruz. Pp. 131-136. En: Boege, E. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Supe-

riores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Buckles, D.J. 1989. Cattle, corn and conflict in the mexican tropics. Tesis de doctorado. Carleton University, Ottawa.

Buckles, D. y Chevalier, J. 1993. El ejido *versus* bienes comunales: historia política de Pajapan, Veracruz. Pp. 117-128. En: Barrera, N. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Chevalier, F. 1976. *La formación de los latifundios en México: tierra y sociedad en los siglos XVI y XVII.* 2a ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Crosby, A.W. 1991. *El intercambio transoceánico. Consecuencias biológicas y culturales a partir de 1492.* Instituto de Investigaciones Históricas, México.

De la Peña, M.T. 1946. *Veracruz económico*. Vols. I y II. Gobierno del Estado de Veracruz.

Dusenberry, W.H. 1963. *The mexican mesta: the administration of ranching in colonial Mexico.* University of Illinois Press, Urbana.

Ewell, P.T. y Poleman, T.T. 1980. *Uxpanapa: reacomodo y desarrollo agrícola en el trópico mexicano.* Instituto Nacional sobre Recursos Bióticos, Xalapa.

Fernández Ortiz, L.M., Tarrío García, M. y Villafuerte Solís, D. 1993. La expansión ganadera en Veracruz: sus impactos en la economía y en la producción de alimentos. Pp. 15-33. En: Barrera, N. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Flores Villela O. y Gerez, P. 1988. *Conservación en México: síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo.* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Conservación Internacional, Xalapa.

Gómez, M.R. 1948. *La verdad sobre los cebús, conjeturas sobre la aftosa*. Talleres Gráficos de Manuel Casas, México.

Guevara, S. y Laborde, J. (en prensa). Historia del paisaje de la sierra de Los Tuxtlas, Veracruz, México. En: Díaz-Pineda. F. (Ed.). *La diversidad biológica y la cultura rural en la base de la gestión ambiental del desarrollo*. Universidad Complutense, Madrid.

Halhead, V. 1992. Social dimensions of forest utilization in Mexico. Implications for intervention. Pp. 159-169. En: Downing, T.E., Hecht, S.B., Pearson, H.A. y Garcia-Downing, C. (Eds.). *Development or destruction: the conversion of tropical forest to pasture in Latin America*. Westview Press, Inc., Boulder.

Hecht, S.B. 1992. Logics of livestock and deforestation: the case of Amazonia. Pp. 7-25. En: Downing, T.E., Hecht, S.B., Pearson, H.A. y Garcia-Downing, C. (Eds.). *Development or destruction: the conversion of tropical forest to pasture in Latin America*. Westview Press, Inc., Boulder.

Hoffmann, O. 1993. Tablajeros y ganaderos: conflictos y alianzas en Xalapa (la experiencia del TUX, Tablajeros Unidos de Xalapa). Pp. 269-281. En: Barrera, N. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Jordan, T.C. 1993. *North American cattle-ranching frontiers. Origins, diffusions and differentiation.* University of New Mexico Press, Albuquerque.

Lomnitz-Adler, C. 1992. *Exits from the labyrinth, culture and ideology in the mexican national space.* University of California Press, Berkeley.

McNaughton, S.J. 1993. Grasses and grazers, science and management. *Ecological Applications,* 3(1):17-20.

Melgarejo Vivanco, J.S. 1980. *Historia de la ganadería en Veracruz*. Ediciones del Gobierno de Veracruz, Veracruz.

Meyer, M.C. y Sherman, W.L. 1995. *The course of mexican history*. 5a ed. Oxford University Press, Nueva York.

MOPU. 1990. *Desarrollo y medio ambiente en América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Agencia Española de Cooperación Internacional, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.

Nations, J. D. 1992. Terrestrial impacts in Mexico and Central America. Pp. 191-203. En: Downing, T.E., Hecht, S.B., Pearson, H.A. y Garcia-Downing, C. (Eds.). *Development or destruction: the conversion of tropical forest to pasture in Latin America*. Westview Press, Inc., Boulder.

Ordóñez, M. de J. y García Oliva, F. 1992. Zonificación ecoproductiva de Veracruz. Pp. 31-50. En: Boege, E. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Paré, L. 1996. Las plantaciones forestales: ¿prioridad nacional? *La Jornada del Campo*, 27, noviembre, pp. 5-8.

Rifkin, J. 1993. *Beyond beef: the rise and fall of the cattle culture*. Penguin Books, Nueva York.

Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. Pp. 129-144. En: Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (Eds.). *Biological diversity of Mexico. Origins and distribution*. Oxford University Press, Nueva York.

SARH (**Secretaría de la Reforma Agraria**). 1992. La situación forestal de Veracruz: antecedentes, problemática, perspectivas. Pp. 199-207. En: Boege, E. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Sartorius, C. 1990. *México hacia 1850*. CNCA, Colección Cien de México, México.

Skerritt, D. 1993. La tentación de la ganadería. Pp. 109-115. En: Barrera, N. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

Siemmens, A. 1990. *Between the summit and the sea: Central Veracruz in the nineteenth century.* University of British Columbia Press, Vancouver.

Simpson, L.B. 1952. Explotation of land in the sixteenth century. *Iberoamericana,* 36:1-92.

Stuart, R.D. 1978. *Subsistence ecology and the isthmus nahua indians in southern Veracruz*. Tesis de doctorado, University of California, Riverside.

Tena Ramírez, F. 1987. *Leyes fundamentales de México: 1808-1987*. 14ava. ed., Editorial Porrúa, S.A., México.

Toledo, V.M. 1992. Bio-economic costs. Pp. 67-93. En: Downing, T.E., Hecht, S.B., Pearson, H.A. y Garcia-Downing, C. (Eds.). *Development or destruction: the conversion of tropical forest to pasture in Latin America*. Westview Press, Inc., Boulder.

Toledo, V.M., Carabias, J., Toledo, C. y González-Pacheco, C. 1993. *La producción rural en México: alternativas ecológicas.* 1a reimpr. Vol. 6. Colección Medio Ambiente. Fundación Universo Veintiuno, A.C., Prensa de Ciencias, UNAM, México.

Trens, B.M. 1992. *Historia de Veracruz.* Secretaría de Educación y Cultura, Gobierno del Estado de Veracruz, Veracruz.

Velasco Toro, J. 1993. Pobreza y ganaderización en las regiones interétnicas de Veracruz. Pp. 83-107. En: Barrera, N. y Rodríguez, H. (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Friedrich Ebert Stiftung, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto de Ecología, A.C., México.

El paisaje de la ganadería:
UNA EXPERIENCIA TROPICAL

Sergio Guevara Sada, Javier Laborde Dovalí, Graciela Sánchez-Ríos

El incremento de las actividades productivas prósperas y sustentables y el mantenimiento de la diversidad biológica de las selvas húmedas y secas del estado de Veracruz, requiere del conocimiento y manejo del paisaje actual. La estructura y el funcionamiento del paisaje están vinculados a los eventos recurrentes de carácter natural y a la presencia de actividades humanas ocurridas a lo largo del tiempo; esos cambios provocados en el paisaje son una especie de memoria de su historia ambiental.

El paisaje de la selva seca y húmeda de la planicie costera del Golfo de México ha sido modificado por la frecuente incidencia de intensos vientos, fuertes precipitaciones y por el movimiento sísmico y actividad volcánica que ocasionaron inundaciones y deslizamientos de tierra. Por otro lado, está la larga historia de colonización humana de esta región, con culturas como la olmeca, totonaca y huasteca, que por sus altas densidades de población y por el amplio desarrollo agrícola alteraron grandes extensiones (Stark y Arnold, 1997).

En este ensayo nos ocupamos de la costa veracruzana, un territorio muy vasto enclavado en Mesoamérica, región que abarca la mitad meridional de México, Guatemala, El Salvador y Belice, así como el occidente de Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

Entre los numerosos ecosistemas que hay en Mesoamérica, la selva es uno de los más emblemáticos, debido a su fisonomía, su exuberancia y a su riqueza de especies. La selva comprende distintas formaciones forestales, que van desde los bosques tropicales más densos y húmedos hasta los más claros y secos. Entre estos destaca la selva húmeda, que ha maravillado a la gente a través del tiempo por su gran cantidad de fauna y de flora, y por la aparente fertilidad de los suelos y la abundancia de sus recursos forestales.

La selva húmeda, también conocida como bosque húmedo tropical, tiene su límite boreal en México (Dirzo y Miranda, 1990), suele tener una altura de 30 o más metros (Richards, 1952; Bongers *et al*., 1988). Se le encuentra en altitudes por debajo de 700 msnm, en zonas calientes y lluviosas, con una precipitación anual mayor de 2 mil mm y temperatura media anual superior a 20 ºC (Rzedowski, 1978). Originalmente, era parte de un macizo de vegetación fores-

tal casi continuo que se prolongaba desde las selvas centroamericanas, cubriendo en México un área de cerca de 22,000 km^2 (Rzedowski, 1978).

Mesoamérica es uno de los territorios más interesantes para estudiar la historia ambiental del paisaje y descubrir los elementos útiles para el manejo de la selva actual. Esta región ha sido intensamente alterada por acontecimientos, como el desplazamiento de las masas insulares y continentales que le dieron forma al Continente Americano y al Caribe, a los cambios climáticos extremos durante los avances y retiro de las glaciaciones, así como por los eventos naturales violentos, como el vulcanismo y las perturbaciones ocasionadas por los huracanes y tormentas tropicales muy frecuentes en esta región.

Es ese territorio se asentaron desde muy temprana fecha numerosos grupos humanos que constituyen lo que ahora se conoce como civilización mesoamericana, un conjunto de culturas que se desarrollaron en las diferentes regiones ecogeográficas y que ocuparon el sitio durante largo tiempo, con altas densidades de población. Más tarde, fue uno de los primeros escenarios de la colonización europea y del desarrollo rural e industrial de México; el paisaje mesoamericano es uno de los escenarios histórico-ecológicos más destacados para entender el tema de la memoria del paisaje.

Las actividades humanas son particularmente influyentes para entender el paisaje actual, debido a que los pueblos mesoamericanos: 1) hicieron uso de la naturaleza desde hace más de cuatro mil años, 2) ocuparon grandes extensiones, 3) hicieron un uso intensivo y extensivo del territorio, 4) mantuvieron la continuidad de sus prácticas productivas, algunas de las cuales han llegado hasta nosotros y 5) asimilaron la introducción de cultivos templados y tropicales, animales domésticos y biodiversidad provenientes de regiones tropicales y templadas de todo el mundo.

Para entender con detalle la historia ambiental del paisaje se requiere tener un buen conocimiento del escenario ambiental; esta es una condición que se cumple en pocos sitios de la región.

Este trabajo se concentra en la región de Los Tuxtlas, en el sureste del estado de Veracruz y se enfoca en el impacto que tuvo en la estructura y el funcionamiento del paisaje el ganado vacuno introducido en el siglo XVI y en el XX.

Las perturbaciones naturales (climáticas y geológicas), las actividades agrícolas prehispánicas y la llegada del ganado mayor durante la Colonia, robustecieron el proceso de la regeneración natural de la selva, facilitaron la movilidad de la biodiversidad en el paisaje (conectividad ecológica) y fortalecieron la presencia de especies secundarias. Lo cual podría explicar que hoy en día, en la sierra de Los Tuxtlas aún se mantenga una alta diversidad biológica a pesar de la deforestación que ha reducido la selva a pequeños fragmentos dispersos en extensos campos abiertos.

El inicio de la historia ambiental de Los Tuxtlas

La sierra de Los Tuxtlas fue durante el Pleistoceno un refugio secundario de las especies de flora y fauna de la selva húmeda (Toledo, 1982). La captación de humedad proveniente del Golfo de México, favoreció la permanencia de especies durante periodos de escasa precipitación y extremos de temperatura. El más crítico para las especies de la selva fue de bajas temperaturas y poca humedad (seco/frío), que se prolongó de 20 mil a 12 mil años a.p., cuando desapareció virtualmente la selva húmeda de esta región del estado de Veracruz. Eso implica que la selva húmeda de esta región es relativamente reciente en términos geológicos (Graham, 1975), ya que su recolonización se inició hace sólo 12 mil años a.p. y fue interrumpida nuevamente por un periodo caliente/seco, durante el cual la selva de Los Tuxtlas debe haber tenido un carácter más estacional que la selva actual, dicho periodo se inició hace 9 mil años y se extendió hasta hace 2 mil años a.p., cuando se llevó a cabo una fase de recolonización muy rápida de las especies perennifolias características de la selva húmeda.

En la recolonización de la sierra participaron especies refugiadas en la propia región, especies provenientes de los refugios primarios de Chiapas y Oaxaca y especies de bosques caducifolios y semicaducifolios (Toledo, 1982), lo cual significa que durante las glaciaciones hubo alternancia entre selvas tropicales y bosques templados.

Hacia el final del Pleistoceno y principio del Holoceno, y final de la última glaciación (8 mil años a.p.) ocurrió la extinción de la megafauna, por lo menos se perdieron 80 especies de grandes mamíferos herbívoros y carnívoros. Entre los herbívoros destacan: perezosos (7), armadillos (5), caballos y tapires (6), venados, cabras, bisontes y camellos (27), mamut, mastodonte y gonfoterios (4). La megafauna tuvo influencia en la dispersión de frutos y semillas, en la estructura del suelo por pisoteo y en la cantidad de materia orgánica en descomposición. Aunque no es fácil conjeturar qué pasó con el paisaje mexicano al extinguirse la megafauna nativa (Galindo, 2012).

Entre los herbívoros de gran tamaño que quedaron en Norteamérica destaca el bisonte, por ser el único de gran talla que depende para su alimentación de grandes extensiones abiertas cubiertas de pastos. Los demás herbívoros americanos de talla mediana a grande son más ramoneadores o pueden alimentarse tanto de pastos como del follaje de arbustos y pastos (p. e., alces, caribús, venados, tapires, etc.).

El paisaje de la sierra

En la extensión de la selva húmeda en México, la selva de Los Tuxtlas sobresale por su localización en el límite boreal de la selva húmeda americana y por el aislamiento de la sierra en la planicie costera del Golfo de México. Es una región compleja desde el punto de vista ambiental y cultural. Está localizada al sur del estado de Veracruz, sobre la costa del Golfo de México, entre los 18° 05’ y 43’

de latitud norte y 94° 35' y 95° 25' de longitud oeste. La forman dos grandes macizos; el volcán San Martín Tuxtla al NO (1650 msnm), el volcán Santa Marta al SE (1700 msnm) y numerosos conos cineríticos asociados a ellos (Mayer, 1962). El clima de la región es cálido, con temperaturas medias anuales en torno a los 20 °C y mínimas nunca inferiores a 18 °C.

La sierra de Los Tuxtlas es una isla volcánica de 95 km de largo y 50 km de ancho, enclavada en la planicie costera del Golfo de México, que se formó por actividad volcánica reciente durante los periodos Mioceno, Pleistoceno y Holoceno, la región está todavía volcánicamente activa, la secuencia temprana en el oeste data de hace 50 mil años (Pleistoceno y Holoceno); cuando menos 10 erupciones en los últimos 5 300 años, las últimas erupciones del volcán San Martin Tuxtla son de 1793 y 1859. La deposición de cenizas y otros desechos vulcanológicos ha mantenido la fertilidad del suelo, lo que explica en parte la alta densidad de población en la sierra y sus alrededores (Santley, 2007; Figura 1).

Los Tuxtlas es una de las regiones más lluviosas del país, registrándose en ocasiones precipitaciones anuales superiores a los 5 mil mm. La precipitación media anual oscila entre 1500 y 4500 mm (Guevara y Sánchez-Vigil, 2011).

La selva es muy rica en especies, es común encontrar, en una hectárea, entre 300 y 900 árboles, con un diámetro del tronco a la altura del pecho (dap) mayor a 10 cm, que representan entre 50 y 300 especies (Bongers *et al*., 1988; Martínez-Ramos, 1994). Villaseñor *et al*. (2018) reportan para la zona de la sierra de Los Tuxtlas un total de 2,548 especies de plantas vasculares: 157 exóticas naturalizadas y 2,391 nativas; dentro de la zona delimitada geomorfológicamente por Guevara *et al*. (2004) y que cubre cerca de 3,300 km².

Los cambios en el paisaje

La intervención humana en la selva mesoamericana se inició hace más de 4 mil años y no tiene igual ni en intensidad ni en duración en el resto del continente, ahí florecieron dos de las más grandes culturas de América, la olmeca y la maya (Stuart, 1993). Las actividades humanas se pueden dividir en tres etapas:

Primera etapa (-1500): la ocupación inicial

En la región de Los Tuxtlas y en la cuenca del río Coatzacoalcos (Veracruz y Tabasco) se han descubierto los primeros centros ceremoniales-urbanos de Mesoamérica: La Venta, San Lorenzo, Tres Zapotes, Cerro de las Mesas (Coe, 1965) y los recientemente descubiertos Manatí y Laguna de los Cerros (Stuart, 1993). Todos estos centros pertenecen a la cultura olmeca, cuyo auge se inició hace 3 mil años y se extendió cerca de 800 años, durante el periodo preclásico (1200 a 400 a.C.). Estudios estratigráficos recientes han mostrado que hace aproximadamente 4 mil años (2000 a.C.) había asentamientos de agricultores y cultivadores de maíz en Los Tuxtlas, cuyas villas posteriormente se transformaron en alguno de los centros urbanos mencionados (Goman, 1992; Stuart,

1993). Mediante evidencia arqueológica se ha comprobado la presencia de los primeros asentamientos humanos o aldeas de Los Tuxtlas, desde hace 3,350 años (1400 a.C.; Santley y Arnold, 1996; Pool, 2007; Santley, 2007).

En la costa se distingue una gran cantidad de asentamientos en el pie de monte y en la parte plana ligadas a obras hidráulicas y de defensa (Figura 2; Siemens, 2002; 2009), se reportan dos periodos de marcado incremento poblacional: el primero hace tres mil años (1000 a.C.) con una densidad de 8.5 habitantes por km², seguido de un marcado decremento a menos de 4 habitantes/km^2 que permanece así durante más de mil años. A partir de entonces se registra un marcado incremento en la población, para llegar a un máximo de 133 habitantes/km² hace 1,500 años (500 d.C.), que posteriormente decrece llegando a densidades menores a 30 habitantes/km² hace 900 años (1000 d.C.; Goman, 1992; Santley y Arnold, 1996). Los estudios palinológicos registran dos picos de crecimiento poblacional y una sensible disminución de polen de especies arbóreas, paralelo a un aumento en el polen de maíz y malezas asociadas a los cultivos. Ambos ciclos de deforestación son seguidos por una rápida recuperación de la vegetación forestal tropical, al disminuir la población humana. Particularmente notable es la deforestación ocurrida desde 2,200 años antes del presente hasta hace 1,300 años (Pool, 2007; Goman, 1992).

Hace unos 2,300 años (400 a.C.) la producción de utensilios y cerámica disminuyó abruptamente y se detuvo la construcción de monumentos olmecas. Durante un lapso de 700 años la densidad poblacional en la sierra se mantuvo por debajo de la alcanzada durante el florecimiento olmeca. Posteriormente, vuelve a aumentar alrededor del año 300 d.C., fecha en la que se construye una pequeña pirámide con talud y tablero de clara influencia teotihuacana en Matacapan (Coe, 1965), al NW del lago de Catemaco. Numerosos restos de cerámica y utensilios de piedra con clara influencia teotihuacana y algunos de origen maya, fueron encontrados en Cerro de las Mesas, Tres

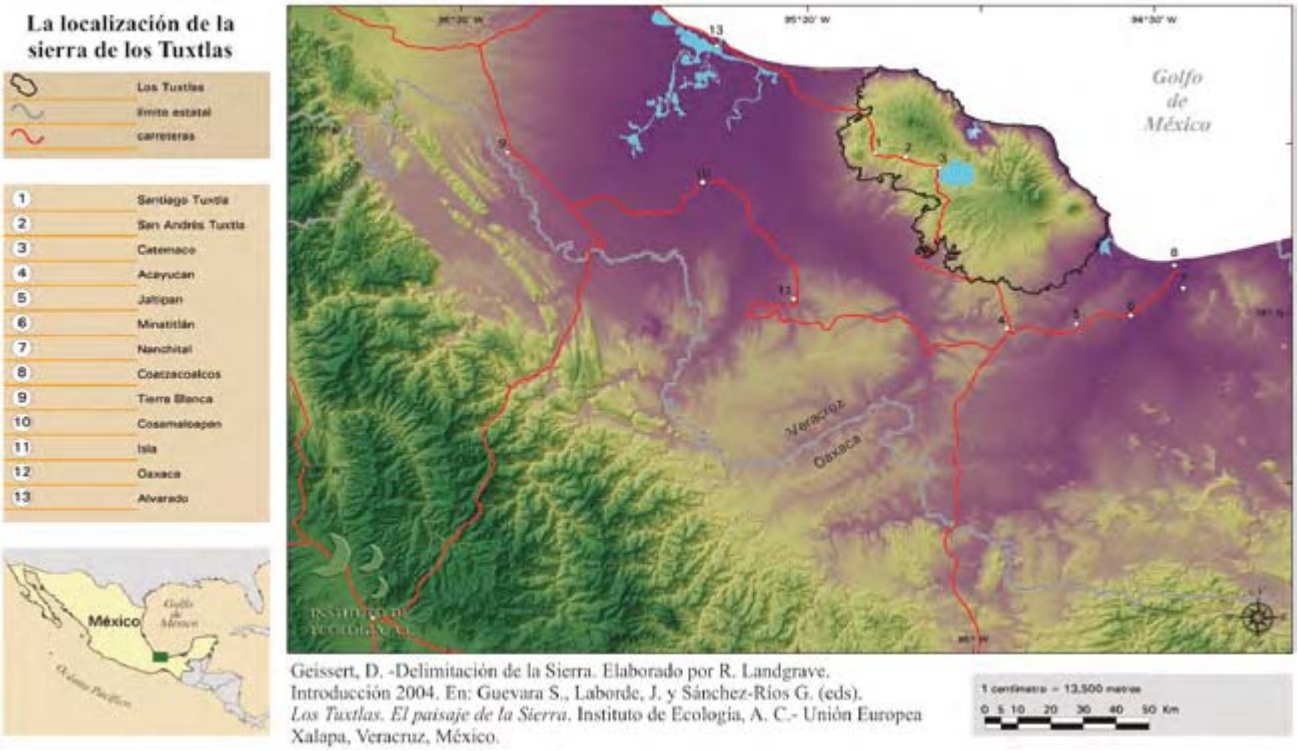

Figura 1. Localización de la sierra de Los Tuxtlas en la planicie costera del Golfo de México.

Figura 2. La distribución de los centros ceremoniales olmecas y teotihuacanos en la sierra de Los Tuxtlas muestra un patrón de asentamientos muy denso. Destacan algunas obras hidráulicas asociadas a dichos centros. Fuente: elaboración de Allison Jermain con datos de Siemens (2011).

Zapotes, pero principalmente en Matacapan, ello sugiere que era un enclave teotihuacano de crucial importancia en la ruta de comercio del altiplano del centro de México y la zona maya en la península de Yucatán, durante el periodo Clásico –250 a 900 d.C. (Coe, 1965).

Poco antes del arribo de los españoles a las costas mexicanas, los mexicas dominaron desde Tenochtitlan la mayor parte de la cuenca del Papaloapan, incluyendo la porción occidental de la sierra de Los Tuxtlas

Segunda etapa (1525-1900): la introducción de herbívoros

La introducción de ganado a la sierra de Los Tuxtlas se remonta al inicio del siglo XVI. Los europeos introdujeron en esta región caballos, burros y vacas, con el fin de contar con fuerza animal para el transporte, para los trabajos agrícolas y para la construcción. Algunos de ellos fueron criados en corrales y otros, expresa o accidentalmente, liberados en el campo. Unos y otros proliferaron y el número de cabezas aumentó de forma sorprendente, superando el crecimiento experimentado en sus sitios de origen. Al terminar el periodo

colonial, entre Acayucan y Santiago Tuxtla existían solamente siete hacendados cuyas propiedades alcanzaban la extensión de 270,350 ha. Los hatos de cada uno de ellos iban desde mil cabezas en un solo sitio (las concesiones consistían de uno o más sitios para ganado mayor, de 1,755 ha cada uno), hasta 30 mil reses en 64 sitios (Aguirre-Beltrán, 1992).

El mayor número de cabezas correspondía al ganado bovino. Las razas de ganado introducidas pertenecían a la especie *Bos taurus* que provenía del sur y sureste de la península ibérica y del norte de África, en ambas regiones se dio tanto la raza rodeana como montaraz, una estaba estabulada y la otra vagaba en zonas abiertas, bosques claros y humedales. Poco después de la conquista de Tenochtitlan (1521), entre 1525 y 1528, Hernán Cortés construyó el primer ingenio azucarero de México y la América continental, en las cercanías de la ciudad de Santiago Tuxtla (González-Sierra, 1991). En las mismas fechas introdujo el primer pie de cría de ganado bovino, que posteriormente fue común en la zona: chichihua lechero en los pantanos, rodeano en espacios abiertos (rodeos) y montaraz que vagaba libremente en la selva (Aguirre-Beltrán, 1992; González-Sierra, 1991).

La especie *Bos taurus* y algunas variedades de vacas que cruzaron el Atlántico provenían de España y Portugal, se adaptaron rápidamente y crecieron los hatos que se distribuyeron desde las zonas áridas y semiáridas hasta el trópico húmedo (Parsons, 2010). Mientras en el Altiplano, Norte y Occidente de México, la ganadería estuvo ligada a la minería, en las tierras bajas del trópico húmedo, la ganadería formó un binomio productivo novedoso con la caña de azúcar, así difícilmente se puede contemplar la historia de una sin la otra (Skerritt, 1992; Barrera-Bassols, 1996).

El ingenio de Tuxtla fue la fuente principal de pie de cría de bovinos para los españoles que solicitaban tierras en los alrededores, impulsando fuertemente la colonización del sur veracruzano. La incorporación de grandes extensiones de tierra a la producción pecuaria, en la zona de Los Tuxtlas y cuenca del Papaloapan, se hizo mediante concesiones a los conquistadores y peninsulares y consistía en uno o más sitios para ganado mayor, de 1,755 ha cada uno (González-Sierra, 1991; Aguirre-Beltrán, 1992; Chevalier, 1999). Al finalizar el siglo XVI se había concluido la introducción y aclimatación del ganado bovino en México (Guevara y Lira-Noriega, 2004). En Los Tuxtlas así como en el resto del trópico americano, la carne y leche eran destinadas al consumo local ya que por perecederas no podían comercializarse, los cueros eran el producto básico de comercio y fuente de ingreso que se llevaba por los ríos hasta Alvarado y luego por mar a Veracruz (González-Sierra, 1991).

Entre los tipos de ganado bovino introducidos, el montaraz se adaptó a la vida libre de forma sorprendente, lo cual tenía varias causas, todas relacionadas con la disponibilidad de abundante forraje natural (Sluyter, 1994, 1996, 1998). Las vacas arribaron cuando hubo un abandono masivo de tierras de cultivo tanto permanentes y temporales, debido a la ausencia de cultivadores ocasionada por la emigración o muerte de numerosos indígenas. La deforestación de la selva se detuvo y en los terrenos abandonados los acahuales regeneraban la selva en los claros y campos de cultivo. La escasa población humana y la combinación de la vegetación densa, los bosques claros y los matorrales secundarios, formaron un mosaico que le proporcionó al ganado una gran variedad de recursos para ramonear y pacer.

Los hatos disminuyeron las poblaciones de algunas especies vegetales y dispersaron muchas otras en los bordes de la selva, a lo largo de los cursos de agua y en los acahuales, favoreciendo así la proliferación de pastos naturales (gramas). Se aprovecharon de la flora secundaria enriquecida durante miles de años, por el uso de la tierra con fines agrícolas, al mismo tiempo dispersaron numerosas especies de árboles y arbustos, enriqueciendo aún más la vegetación secundaria y posiblemente acortando los tiempos para la recuperación de la selva.

Otra causa que favoreció su éxito fue la casi total ausencia de grandes herbívoros nativos, la mayor parte desaparecidos durante el Pleistoceno. El ganado europeo ocupó los hábitats vacíos sin competir con las especies nativas; tal vez solo con algunas como el tapir y el agouti que ocupaban el sotobosque de la selva. Se toparon con la ausencia de depredadores de gran talla, enfrentando al coyote en áreas abiertas y al jaguarundi y al tigrillo en la selva.

Acayucan y Santiago Tuxtla constituyeron los centros económicos más importantes de Los Tuxtlas, desde la Colonia hasta finales del siglo XIX (Buckles, 1989; González-Sierra, 1991). En 1870 se estableció un moderno aserradero en Minatitlán, propiedad de un norteamericano, en donde se procesaba la madera de caoba, cedro, panoviete, zalzafrez y ocosol, para su exportación a Estados Unidos y Europa desde el puerto de Coatzacoalcos (Buckles, 1989). En menos de 30 años los sitios accesibles fueron desprovistos de maderas preciosas, dejando selvas empobrecidas donde se cultivó el café y extensas áreas fueron convertidas en potreros (Martínez, 1980).

Tercera etapa (1900-): la sustitución del ganado

El cambio más reciente del paisaje ocurrió recientemente, en los últimos años del siglo XIX y primeros años del siglo XX, cuando la ganadería de *Bos taurus* (asilvestrada y rodeana; Figura 3) fue sustituida por la ganadería de *Bos indicus* (Figura 4) con una sola modalidad, estabulada y dependiente de espacios abiertos sin sombra. Su reciente expansión en el trópico húmedo ocurre a costa de la selva, transformando el paisaje forestal en un mosaico de campos de cultivo, potrero, remanentes de selva y matorrales. Como consecuencia de la remoción de la selva para ser convertida en potreros con carácter más permanente para el nuevo ganado, disminuyeron hasta desaparecer los medianos y grandes herbívoros nativos de las selvas mexicanas, un proceso de defaunación severo, aunado al efecto de la cacería en las exiguas poblaciones de herbívoros nativos como los tapires. Con ello disminuyó la diseminación de especies de árboles y arbustos en detrimento de la vegetación secundaria, lo que llevó al empobrecimiento y casi desaparición de los pastizales de grama y al aumento de la deforestación y fragmentación de la selva, limitando así el desplazamiento de las especies en el paisaje, poniendo en riesgo el funcionamiento y mantenimiento de la estructura del paisaje (Young *et al.,* 2013).

En el presente siglo, a partir de la década de los años veinte, la ganadería de Los Tuxtlas, así como la de todo el estado de Veracruz y el trópico húmedo mexicano, se transformó debido a: 1) la introducción de razas cebuinas mejoradas y adaptadas al trópico húmedo, obtenidas principalmente en Brasil y 2) a nuevas tecnologías en materia de pastos y forrajes tropicales, sobre todo los que provenían de Australia y África (Reveal-Mouroz, 1980; Barrera-Bassols, 1992).

El primer registro de ganado cebú (*Bos indicus*) en la región de Los Tuxtlas es de Acayucan, en 1923 (Attolini, 1948). Para finales de la década de los cuarenta, en las tierras bajas de Veracruz había hatos de ganado de los tipos guzerat, gir, nelore e indo-brasil (Melgarejo-Vivanco, 1980), desplazando en el transcurso de unos cuantos años al ganado introducido inicialmente por los españoles (*Bos taurus*) y que por cerca de 400 años fue criado y naturalizado en esta zona del trópico cálido-húmedo veracruzano, sin la pérdida extensiva de cobertura de selvas.

La introducción de razas cebuinas y nuevos forrajes, junto con la creciente demanda de productos bovinos (carne y lácteos) por parte de las grandes ciudades, más el apoyo económico para la producción pecuaria proveniente de los

Figura 3. Individuo de la especie Bos taurus asilvestrado o mesteño, captado en la costa occidental de la isla de Cuba. Foto: S. Guevara, 1997.

gobiernos y distintas instituciones, impulsaron la reciente y acelerada expansión ganadera en el trópico húmedo de América Latina (Melgarejo-Vivanco, 1980; Reveal-Mouroz, 1980).

Durante la década de los 1950 fue vertiginosa la expansión ganadera en la región de Los Tuxtlas, sobre todo mediante el establecimiento de numerosos ranchos privados, por lo que se incrementa dramáticamente durante las últimas tres décadas al transformarse de forma abrupta en la actividad primaria preponderante, incluso en ejidos y tierras comunales. La superficie de pastos aumenta a costa de superficies agrícolas (milpas y acahuales) y de la selva directamente. La ganadería que se practica hoy en el trópico húmedo veracruzano es diferente a la que se practicó desde la Colonia y hasta las primeras dos décadas del presente siglo. Así cambiaron completamente el escenario y los protagonistas de la ganadería: vacas, forrajes y manejo (Hernández, 2001).

Es importante destacar que los árboles que forman el dosel de la selva húmeda suelen ser longevos, con ciclos de vida de 100 a 300 o más años. La drástica transformación ganadera actual, además de vertiginosa es muy reciente, como para determinar a cabalidad sus consecuencias sobre las numerosas especies arbóreas de estas selvas y su potencial de regeneración y conservación a largo plazo en los paisajes actuales. La complejidad de la estructura y funcionamiento de este joven paisaje actual (alrededor de 100 años), así como su extensa superficie, hacen que su conocimiento sea tan importante para mantener su biodiversidad y sus procesos, como el de la regeneración natural de la selva.

Figura 4. Individuo de Bos indicus.

El manejo de los potreros

Hoy en la región de Los Tuxtlas coexisten potreros de dos tipos (Guevara *et al.,* 1992): de pastos nativos llamados gramas (*Paspalum conjugatum, Axonopus compressus, Setaria geniculata, Panicum* spp., *Digitaria* spp., entre las principales especies) y de pastos cultivados, como estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y zacate Guinea (*Panicum maximum*). Los potreros de grama tienen como antecedente inmediato un campo agrícola.

Elementos arbóreos

El paisaje actual de los potreros dista mucho de estar totalmente desprovisto de árboles. Hay conjuntos de árboles o árboles solitarios que dan al paisaje una fisonomía peculiar y característica que podemos clasificar de la siguiente manera:

A. Fragmentos de selva. Áreas de bosque original que no han sido taladas y se encuentran rodeadas de potreros o campos agrícolas. Corresponden a sitios no aptos para las actividades agropecuarias como cimas de cerros, laderas de mucha pendiente y zonas inundables o pedregosas.

B. Acahuales. Manchones de vegetación secundaria abandonados o en periodo de descanso de distinto desarrollo sucesional. Actualmente los acahuales son poco comunes debido a la reciente ganaderización a costa de la agricultura.

C. Corredores de vegetación ribereña. Básicamente son hileras o líneas de árboles localizados en las orillas de ríos o arroyos. Al realizar la tala de la selva se dejan en pie los árboles del dosel que están en los bordes de los cauces de agua ya que los campesinos consideran que si se eliminan los ríos se azolvan.

D. Cercas vivas. Son árboles en una sola hilera que se utilizan como postes para sostener el alambre de púas. Algunas están constituidas por árboles remanentes de selva que se dejaron en pie con este propósito (cerca remanente). Lo más común es que se planten estacas de unas cuantas especies (cerca plantada). En la zona se utilizan principalmente *Bursera simaruba* (palo mulato), *Gliricidia sepium* (cocuite) y *Erythrina folkersii* (cosquelite). Al realizar la tala de sus terrenos y llegar al límite con sus vecinos, el propietario deja en pie una hilera de árboles. Así, las cercas remanentes comúnmente son los límites de las propiedades, mientras que las cercas plantadas se hacen con propósitos de manejo del ganado y para sustituir al anterior tipo de cerca.

E. Arboles solitarios. Al realizar la tala de la selva para su uso agrícola o ganadero, frecuentemente se dejan en pie algunos árboles altos que permanecen solitarios en los predios. Estos árboles tienen uso como sombra, como frutales y como reserva de leña o madera, o se dejan en pie simplemente por la dificultad de cortarlos debido a su dureza o tamaño. Su densidad varía entre los distintos potreros; algunos casi no tienen (0.3 árboles/ha) y en otros la densidad es considerable (39 árboles/ha); sin embargo, la moda está entre 2 y 6 árboles/ha (Guevara, 1986; Guevara *et al*. 2005; Gross, 2017).

La práctica de dejar árboles en pie en los predios forma parte del manejo tradicional de estos ecosistemas que realizan diversos grupos étnicos y ha sido observada en otras regiones tropicales de Centro y Sudamérica, de Asia y África y parece estar ligada a la agricultura trashumante o de roza-tumba-quema (Guevara, 1986; Guevara y Laborde, 1992), por lo que las áreas con antecedentes agrícolas recientes (p. e., ejido Balzapote) tienen potreros muy arbolados (Gross, 2017).

Además de los árboles remanentes de selva, que son árboles altos (más de 20 m), con enormes copas y en su mayoría perennifolios, en los potreros también se encuentran árboles secundarios de rápido crecimiento que se establecieron posteriormente a la tala y que se dejan crecer porque son utilizados con propósitos semejantes a los descritos anteriormente (Guevara *et al.,* 1986, 1992; Guevara y Laborde, 1992). Otros árboles de los potreros son introducidos y cultivados, entre los que destacan los cítricos (*Citrus* spp.) y frutales como guayaba (*Psidium guajava*) y nanche (*Byrsonima crassifolia).*

Flora y vegetación de los potreros

Los potreros de Los Tuxtlas tienen una vegetación con estructura compleja y una alta riqueza florística, así como una gran variedad de formas de crecimiento y diversos mecanismos de dispersión. La lista florística de estos potreros se compone de 343 especies pertenecientes a 80 familias, incluyendo 13 especies de pteridofitas pertenecientes a siete familias (Lira-Noriega *et al.,* 2007).

En cuanto al modo de dispersión, 170 especies son dispersadas por aves y/o murciélagos frugívoros (endozoocoras), 51 por el viento (anemocoras), 16 tienen ganchos u otras estructuras en sus diásporas que se adhieren al pelo o plumas de animales (epizoocoras), 41 por mecanismos diversos, como gravedad o explosión de las paredes del fruto y el resto (65) no presentan un síndrome de dispersión claro. En cuanto a las formas de crecimiento, hay 133 hierbas, 40 trepadoras (herbáceas o leñosas), 32 arbustos y 138 árboles. El gran número de especies arbóreas se explica por los remanentes de selva que quedan en los potreros. La identidad de los árboles, así como su densidad en los predios, obedecen a criterios selectivos del agricultor o ganadero y a la composición florística y densidad arbórea de la selva original. Además, muchas especies arbóreas germinan y se establecen bajo la copa de árboles aislados, aunque posteriormente sus juveniles sean eliminados con los chapeos (Guevara *et al.,* 1992; 1994).

La vegetación bajo la copa de los árboles de selva que quedan en los potreros es diferente en estructura y composición a la que crece en sitios completamente abiertos. Existe un aumento de la complejidad estructural desde las zonas abiertas hacia los sitios bajo la copa de los árboles, dada por el incremento de la riqueza florística y de especies leñosas, principalmente

arbóreas, endozoocoras (Guevara *et al.,* 1986; 1992). Las condiciones para la germinación y el establecimiento de las plantas, así como la disponibilidad de propágulos bajo la copa de los árboles, difieren de las encontradas en sitios abiertos, lo cual explica las diferencias en la vegetación (Guevara *et al.,* 1986; 1992; Guevara y Laborde, 1993).

La estructura de la vegetación y la composición florística de los potreros en las zonas totalmente abiertas están determinadas por las prácticas pecuarias. Esta vegetación sobre todo herbácea podría clasificarse florísticamente en tres grandes grupos (Guevara *et al.,* 1992; 1994): 1) potreros de pastos cultivados o de estrella, en los que el pasto cultivado (*Cynodon plectostachyus*) tiene más de 70% de cobertura y llegan a presentar características de monocultivo; 2) potreros de pastos nativos (gramas), en donde las gramíneas dominantes (*Paspalum conjugatum, Axonopus compressus*) están mezcladas con varias especies de leguminosas, las cuales presentan una menor cobertura en relación a los pastos, pero una frecuencia relativa similar; estos potreros tienen mayor riqueza florística y complejidad estructural que los potreros cultivados y son más estables aunque su productividad es menor y, 3) potreros degradados, en donde la cobertura de las gramíneas se ha reducido drásticamente y la cobertura de plantas que no son forrajeras aumenta (p. e., *Mimosa, Hyptis, Sida, Phyllantus),* llegándose a formar también manchones arbustivos (con *Solanum rudepanum, Cordia spinescens, Acalypha diversifolia* y *Acacia cornigera,* entre otros). Esto sucede en potreros (gramas o estrellas) sobrepastoreados o que no son chapeados con la frecuencia debida, así como en aquellos afectados por sequías prolongadas o ataque de plagas.

El banco de semillas en ambos tipos de potreros es similar florísticamente (Guevara *et al*., 2006), lo cual explica que en sitios perturbados de pasto estrella o en sitios con insolación menor (la estrella es muy sensible a la sombra) se formen manchas de grama en pastizales puros de estrella. Esta situación es particularmente interesante en caso de abandono de los potreros ya que la composición inicial del banco, que en ambos casos es la misma, crearía series sucesionales similares. La diferencia en la sucesión estará dada por la disponibilidad de especies arbustivas y arbóreas (secundarias y primarias), lo cual está fuertemente influido por la presencia de árboles que proporcionen sitios de percha a las aves frugívoras (Guevara *et al.,* 1986, 1992; Guevara y Laborde, 1993).

El forrajeo selectivo del ganado también influye en la composición florística de los potreros. Algunas de las especies más abundantes no son apetecibles por estar protegidas por espinas (*Acacia cornigera, Solanum rudepanum, Mimosa pudica*) o tener látex repelente (p. e., *Phyllanthus compressus, Sapium nitidum, Asclepias curassavica, Stemmadenia donnell-smithii, Tabernae montana* spp.). Numerosas especies de las familias Solanaceae, Euphorbiaceae y Compositae han sido señaladas como poco apetecibles y aun tóxicas para los bovinos (Havard-Duclos, 1975). Dichas familias están bien representadas en los potreros estudiados. Otra acción importante del ganado sobre la vegetación es su efecto en la dispersión de semillas. Las vacas no sólo diseminan las semillas adheridas sobre su pelaje (epizoocoras), sino que además dispersan gramíneas como consecuencia de ingerir sus panículas junto con el follaje (Janzen, 1984); además de ciertas especies leñosas al ingerir sus frutos (Cházaro, 1977). Las semillas ingeridas son concentradas y depositadas posteriormente en las heces.

Aves en los potreros

Avifauna invasora

Algunas especies de aves que no habitan en las selvas húmedas neotropicales extienden su ámbito geográfico gracias al establecimiento de potreros, p. e., el pico de cera (*Crotophaga sulcirostris*) y la garza garrapatera (*Bubulcus ibis*) nativa de África. Ambas especies están asociadas con el ganado y es común observarlas capturando insectos u otros organismos del pastizal que las vacas desplazan. El tordo o picho (*Quiscalus mexicanus*) aunque no está asociado con el ganado se puede observar en los potreros disputando los sitios de percha a las aves nativas como tucanes o cotorras (Aguirre, 1976; Arriaga y Lozano, 1980).

Algunas aves granívoras pequeñas son especialmente numerosas en las orillas de los potreros o a lo largo de las cercas vivas, en donde los pastos forrajeros escapan al pastoreo y producen semillas. Como ejemplo, se pueden citar a las residentes *Sporophila torqueola* y

Volatinia jacarina, así como a una migratoria, *Passerina cyanea.* Estas especies ignoran los árboles remanentes de selva que quedan en los potreros ya que no perchan sobre ellos (Laborde, 1996). Otras aves que amplían su ámbito geográfico o tamaño poblacional con los potreros, incluyen a pequeñas especies insectívoras (varios parúlidos como *Parula americana, Geothlypis poliocephala* y *Basileuterus* spp.) y algunas especies facultativas u omnívoras (varios tiránidos como *Myozetetes similis*, *Pitangus sulphuratus*, *Tyrannus tyrannus* e ictéridos como *Sturnella magna*, *Dives dives*, *Scaphidura oryzivora*).

Avifauna nativa

La tala de la selva y en consecuencia la fragmentación del hábitat, afectan severamente a la avifauna nativa. En particular, las especies de aves asociadas con el sotobosque de la selva evitan al máximo cruzar las zonas abiertas, quedando confinadas en remanentes de selva un poco extensos en donde encuentran su hábitat umbrófilo y estructuralmente complejo. En cambio, las aves del dosel de la selva cruzan las zonas abiertas más fácilmente (Opdam *et al.,* 1985; Lovejoy *et al.,* 1986). La fragmentación de la selva también tiene un impacto diferencial sobre los distintos gremios alimentarios de aves. Las especies que dependen de recursos alimentarios producidos por plantas leñosas altas (árboles, arbustos) de manera directa (frutos, néctar, semillas) o indirecta (grandes insectos asociados al follaje de árboles) son las más seriamente afectadas (Saab y Petit, 1992). La vegetación herbácea de los potreros es un hábitat inhóspito para la avifauna nativa; sin embargo, los potreros del trópico húmedo no están formados por un único estrato de herbáceas postradas, particularmente en Los Tuxtlas. La avifauna registrada en estos potreros está muy relacionada con el arbolado. Las aves de selva que visitan estos potreros utilizan los remanentes forestales como áreas de forrajeo (tanto para el consumo de frutos como para cazar insectos) y algunas de éstas realizan en ellos sus actividades reproductivas (cortejo, apareamiento y construcción de nidos; Guevara y Laborde, 1993; Laborde, 1996).

Ciertas especies de aves construyen sus nidos sobre árboles solitarios en el potrero, otras anidan en corredores riparios o minúsculos fragmentos forestales (menos de 1 ha) rodeados por potreros. Algunas de estas aves son habitantes de la selva; sin embargo, la mayoría de las aves de la selva registradas en los potreros no anidan ahí, por lo que su presencia se debe en gran medida a la existencia de fragmentos de selva relativamente grandes en los alrededores de los potreros (de varias hectáreas de extensión). De todas maneras, si los potreros no tuvieran árboles de selva en su interior, la actividad de las aves nativas de selva en ellos sería mínima o quizá nula y la abundancia de las especies que anidan en ellos se reduciría (Laborde, 1996).

Aves dispersoras de semillas en el mosaico selva-potrero

Las especies de aves frugívoras primordialmente asociadas con las zonas abiertas (pastizales o campos de cultivo), pueden ser importantes dispersoras de semillas de plantas que fructifican en el potrero, es decir, mueven o dispersan los propágulos disponibles hacia el interior de los potreros. Entre ellas destacan *Thraupis abbas, Dives dives* y especies facultativas de la subfamilia Tyranninae Las aves que anidan en los potreros y que comúnmente visitan la selva, son importantes en la dispersión de semillas de plantas de la selva desde los fragmentos remanentes hacia el potrero, en particular hacia los sitios de percha en los alrededores de su territorio. Entre estas especies destacan por su abundancia y por incluir en su dieta frutos de varias especies de selva *Melanerpes aurifrons* (carpintero), *Cyanocorax morio* (pepe), *Psarocolius montezuma* (sanjuanero) y *Tityra* spp.

Las aves frugívoras de selva que no anidan en los potreros, pero que sí los visitan, podrían ser las principales responsables del intercambio de propágulos de selva entre fragmentos remanentes separados, al moverse directa y frecuentemente entre ellos. Entre éstas se encuentran *Turdus grayi, Euphonia hirundinacea* y dos especies de tucanes *(Ramphastos sulfuratus* y *Pteroglossus torquatus).* Ambos tucanes se distinguen por ser eficientes dispersores de varias plantas de la selva que difícilmente son dispersadas por otras aves (Coates-Estrada y Estrada, 1986, 1988; Van Dorp, 1985).

La persistencia del paisaje

En el paisaje actual se puede reconocer un gran impulso para mantener la biodiversidad y la regeneración natural

Figura 5. Sierra de Los Tuxtlas. Paisaje de potrero colindante con la selva; la selva se conserva desde fuera de la selva.

a través de la sucesión secundaria, esto es el resultado de un régimen de perturbación muy antiguo y un manejo del paisaje muy intenso llevado a cabo por los asentamientos humanos (Vanderwarker, 2006). El manejo de este paisaje se basaba en conservar la conectividad del sistema que permitiera el movimiento de la biodiversidad y su acumulación en sitios y condiciones determinadas, para mantener la disponibilidad de especies y tener el potencial de regeneración en sitios abandonados (Guevara *et al*., 2006); se trataba de un manejo de la sucesión secundaria basado en la conectividad. Todavía se reconoce un elemento destacado en el manejo de la conectividad, los árboles en campo abierto, que son un rasgo característico del paisaje tropical. Posiblemente hoy encontremos más árboles de la selva fuera de ella que en la selva misma. Así, el estudio de los árboles de los campos agrícolas y ganaderos se inicia en Los Tuxtlas, cuando surge la idea de conservar la selva desde fuera de la selva (Figura 5).

El manejo que las culturas mesoamericanas hacían de la selva implicaba el control de los procesos ecológicos por medio de sus árboles. Los encontramos en campos agrícolas permanentes y temporales, en huertos, en obras de captura, conducción y almacenamiento de agua y en diseños urbanos. Muchos permanecen en las cercas vivas o acompañando los cursos de agua, en pequeños grupos aislados o aún solitarios, en el campo de México, Centroamérica, Sudamérica y el Caribe. Los árboles en campo abierto mantienen una estrecha relación con diversas especies del paisaje de la selva y de los sitios abiertos, sobre todo con especies de plantas epífitas y con animales voladores como aves y murciélagos, lo cual les confiere una especial relevancia en el movimiento de la biodiversidad e influyen en la regeneración natural de la selva.

Actualmente, está bien difundida la idea de que los paisajes del trópico húmedo, sobre todo aquellos donde predominan potreros ganaderos, están formados por fragmentos de selva rodeados de áreas taladas, desprovistas de árboles y extremadamente pobres en especies de plantas y animales. Sin embargo, existen franjas forestales delgadas dejadas a lo largo del cauce de los ríos, como cercas vivas y árboles solitarios al interior de los campos agrícolas y ganaderos; esta omisión impide percibir la situación real del paisaje de Los Tuxtlas (Guevara *et al*., 1998).

La práctica de dejar árboles en los campos abiertos se originó en el manejo tradicional del paisaje que realizan diversos grupos étnicos y propio también de otras regiones tropicales de Centro y Sudamérica, de Asia y África y que parece estar ligada a su agricultura (Guevara, 1986, 2017). En el caso de la agricultura trashumante, es el ciclo de descanso o barbecho en el

que se desarrolla el acahual (vegetación secundaria). Al talar la selva o el acahual arbóreo se dejan uno o más árboles con el fin de reconocer el sitio abandonado y de acelerar el proceso de establecimiento de especies forestales. Esos árboles son importantes semilleros, base del manejo de la composición florística de la vegetación secundaria del acahual durante el abandono (Kelly y Palerm, 1952; Gordon, 1982; Alcorn, 1984).

Esa práctica de dejar árboles en la milpa se ha observado en la vertiente del Golfo de México en la zona de la huasteca (Alcorn, 1984) y en el territorio totonaco del centro de Veracruz (Kelly y Palerm, 1952), en la región maya de la península de Yucatán (Hernández-X, 1959; Redfield y Rojas, 1962; Sanabria, 1986; Zizumbo y Sima, 1988; Gómez-Pompa y Kauss, 1990), en la selva lacandona en Chiapas, como en la selva maya del Petén guatemalteco (Wiseman, 1978), en las zonas habitadas por los indígenas kekchi de Guatemala (Carter, 1969) y por los indígenas Guaymi de Panamá (Gordon, 1982). En todos los casos los árboles aislados están vinculados al uso y abandono de la tierra, en la modalidad de roza-tumba-quema, por los grupos indígenas que aún conservan sus tradiciones (Dufour, 1990; Illsey, 1995). Actualmente, los árboles están vinculados a la ganadería de pequeña escala; se trata de campesinos que conservan las tradiciones agrícolas cuando talan la selva para sembrar y abrir un campo agrícola, que posteriormente convertirán en potrero (Figura 6).

La función de los árboles en el paisaje

Actualmente, el arbolado de los potreros y campos de cultivo tiene distintos usos: proporcionan productos forestales y no forestales de una gama increíble de posibilidades, desde las más comerciales, medicinales y comestibles, hasta usos rituales. Entre sus servicios ambientales están dar sombra al ganado y a los campesinos, mejorar el suelo, atraer animales frugívoros que dispersan semillas que son la clave para la regeneración

Figura 6. Árbol solitario en un potrero de la sierra de Los Tuxtlas. El paisaje está formado por fragmentos de selva y potreros donde se distingue un arbolado esparcido.

forestal, además de embellecer el entorno y servir para marcar los lugares (Guevara, 1986; Guevara y Laborde, 1993; 2014).

Las voluminosas copas de los árboles que se dejan en pie en los campos ganaderos y agrícolas se cubren de flores y frutos y sobre sus ramas y troncos crecen abundantes bromelias, orquídeas y aráceas; bajo sus copas hay plántulas y juveniles de especies leñosas provenientes de la selva, cuya presencia está relacionada con una notoria actividad animal de aves y murciélagos que son atraídos por la copa del árbol solitario (Guevara y Laborde, 1993; Laborde, 1996; Galindo-González, 1998, 1999). Los árboles solitarios en las zonas abiertas son una especie de oasis en un hábitat desfavorable para animales voladores, quienes requieren de sitios de relevo al cruzar los potreros entre fragmentos de selva (Laborde, 1996). En observaciones realizadas en cuatro árboles de *Ficus* spp., aislados en potreros con más de 15 años de uso, se registraron 47 especies de aves frugívoras visitantes (Guevara y Laborde, 1993). Este número de especies es casi un tercio del total de la avifauna frugívora reportada en la reserva de la Estación Biológica de Los Tuxtlas de la UNAM (Estrada *et al*., 1984; Coates-Estrada y Estrada, 1985).

La atracción que un árbol ejerce sobre las especies de frugívoros depende del tipo y la cantidad de frutos producidos por el árbol a lo largo del año, como lo prueban las mayores tasas de visitas registradas cuando los árboles estaban cargados de frutos (Guevara y Laborde, 1993; Laborde, 1996). Aun cuando los árboles no tenían frutos se registraron más de cuatro visitas por hora, lo cual indica que las aves frugívoras usan los árboles para perchar y descansar. Al estudiar a los murciélagos que son atraídos por árboles aislados se capturaron 652 murciélagos de 20 especies, que son 56% de las especies reportadas para la zona (Galindo-González, 1999). Del total capturado, 81% de los murciélagos eran frugívoros y las especies más abundantes fueron *Sturnira lilum* (40%), *Artibeus jamaicensis* (15%) y *Carollia perspicillata* (10%), eficientes dispersores de semillas de numerosas especies de plantas de la selva; como resultado de las visitas de aves y murciélagos frugívoros a los árboles hay una continua deposición de semillas bajo sus copas (Guevara y Laborde, 1993).

Los árboles aislados ayudan a recuperar la selva

Cuando se excluye el ganado y desaparecen los efectos del pastoreo y pisoteo, así como el chapeo y la aplicación de herbicidas bajo la copa de los árboles, ocurren cambios interesantes en la composición de especies y en la estructura del conjunto de plantas que crecen bajo la copa de los árboles (Figura 7).

Con el fin de simular el abandono del potrero, durante tres años se detuvo el manejo regular del pastizal, cercando cinco árboles solitarios de *Ficus* spp. (Guevara *et al*., 2004). Al término del experimento se encontraron 96 especies de plantas creciendo bajo la copa, con una densidad promedio de 4.6 plantas/m^2. En este lapso se formó un estrato arbóreo muy cerrado de más de 4 m de altura, dominado por especies secundarias (SE) y pioneras (PI), cuyos individuos variaron en tamaño, desde plántulas menores a 10 cm hasta juveniles de más de 6 m de altura. Bajo este

Figura 7. Árbol solitario de Ficus sp., en un potrero de la sierra de Los Tuxtlas. Destaca el crecimiento de especies arbóreas bajo su sombra.

Figura 8. Los árboles solitarios proporcionan al ganado sombra y alimento en forma de hojarasca o frutos.

dosel de SE y PI, las especies ruderales (RU) típicas del pastizal abierto desaparecieron casi totalmente, mientras que 46 especies arbóreas y arbustivas de la selva (PR) se establecieron exitosamente (Guevara *et al.*, 2004).

Los principales obstáculos para la regeneración de la selva en los pastizales son la ausencia de semillas de plantas de la selva y condiciones adversas para la germinación de tales semillas y establecimiento de sus plántulas (Nepstad *et al.*, 1990; Holl, 1999). La baja o casi nula inmigración de semillas de especies leñosas de la selva al interior de los pastizales, se explica por la baja disponibilidad de fuentes de propágulos en estos sitios y sus alrededores, así como por lo poco atrayente que dichos sitios son para los frugívoros dispersores de plantas leñosas.

Las semillas de plantas leñosas que logran llegar al pastizal enfrentan condiciones adversas para su germinación y establecimiento, tales como suelo compactado por el pisoteo del ganado y oscilaciones extremas de humedad y temperatura del aire y del suelo. Existen, además, factores bióticos desfavorables para las especies arbóreas de la selva, tales como la competencia con pastos y malezas heliófitas de muy rápido crecimiento y la intensa depredación de sus semillas y herbivoría de sus plántulas por organismos de los potreros y zonas taladas.

Los resultados en Los Tuxtlas demuestran que los árboles cambian favorablemente las condiciones ya que atraen al potrero a vertebrados frugívoros dispersores de semillas de especies de la selva (Guevara y Laborde, 1993; Galindo-González *et al.*, 2000), crean bajo su sombra condiciones microclimáticas y edáficas favorables para el establecimiento de plantas de la selva (Popma y Bongers, 1991; Williams-Linera *et al.*, 1998), abatiendo la competencia con especies heliófitas, siempre y cuando se excluya al ganado y se detengan las prácticas de manejo pecuario (Guevara *et al.*, 2004; Figura 8).

Los árboles solitarios en potreros de Los Tuxtlas actúan como núcleos de regeneración (Guevara *et al.*, 1986), siendo determinantes en el establecimiento exitoso de plantas de selva al interior de los potreros (Guevara *et al.*, 2004). A los tres años de interrupción del manejo pecuario, el efecto de la copa de árboles solitarios se combina con el efecto del dosel secundario que se forma debajo, haciéndose en conjunto más atractivo para aves y murciélagos frugívoros y creando condiciones microclimáticas cada vez más favorables para el establecimiento de especies de la selva y excluyentes de las plantas ruderales del pastizal. Sin embargo, el efecto atrayente de dispersores de semillas ejercido por los árboles solitarios, depende directamente de la presencia y abundancia de los frugívoros dispersores y de la existencia de fuentes de propágulos

(semillas) en sus alrededores, lo cual a su vez es función de la extensión, forma y composición florística de los elementos arbóreos o forestales que aún quedan en el paisaje.

Por lo tanto, el efecto de los árboles solitarios, en particular su eficiencia como núcleos de regeneración de la selva, obedece al patrón espacial del paisaje; es decir, a la distribución espacial de los elementos arbóreos que no han sido eliminados por la tala ya que por un lado, éstos representan el hábitat de los frugívoros dispersores de semillas y por el otro, son la principal fuente de propágulos de plantas de la selva.

Para terminar

Las etapas de la historia ambiental del paisaje efectivamente son decisivas para entender su estructura y funcionamiento actual. Durante la primera (10000 a.p. a 1521 d.C.), el paisaje fue modelado por las actividades de caza y recolección, pero sobre todo por la agricultura intensiva y particularmente la agricultura itinerante llamada trashumante y mejor conocida como agricultura de roza-tumba-quema. Se distingue por el manejo de la vegetación secundaria como se refleja hoy en día por la nomenclatura de los acahuales en la región. Esa se puede considerar era la base del manejo mesoamericano del paisaje y en esa etapa se fortaleció la capacidad del paisaje para recuperarse de las perturbaciones, lo que mantiene hasta la fecha una riqueza de especies extraordinaria en la región.

La segunda etapa (1500 a 1900) consistió en el enorme crecimiento del hato del ganado vacuno introducido, su éxito está ligado a la abundancia de vegetación secundaria del paisaje. La tercera etapa (1900 a la fecha), se destaca porque *B. taurus* fue sustituido por *B. indicus*, una especie que solo se cría en potreros sembrados con especies de pastos africanos, dando inicio con ello a la masiva deforestación actual al convertir el paisaje en potreros extensos para este tipo de ganado y sus pastos.

El mantenimiento de la diversidad de la selva: conectividad y disponibilidad

La fragmentación de la selva resultante de la creación de campos agrícolas y potreros afecta a las poblaciones de las especies de selva en dos formas: 1) reduciendo el área total de hábitat, lo cual limita drásticamente el tamaño poblacional y podría incrementar las tasas de extinción local; 2) los remanentes quedan distribuidos en parches o fragmentos separados, lo cual afecta la dispersión y por tanto las tasas de inmigración. El tamaño poblacional efectivo puede ser mucho menor al conteo total de los individuos sobrevivientes a la fragmentación; si las subpoblaciones sobrevivientes permanecen aisladas durante varias generaciones entonces habrá una considerable pérdida de variación genética y un aumento de la deriva génica, así como un alto riesgo de extinción local.

Actualmente, los fragmentos de selva, de extensión variable, están inmersos en una matriz de potreros. El mantenimiento de la diversidad local en estos paisajes depende en gran medida de la vagilidad de las especies, determinada por la capacidad de sus individuos para moverse entre hábitats aislados (Forman y Godron, 1986; Turner, 1989; Guevara y Laborde, 1993). En el paisaje actual, la zoocoria resulta crítica ya que casi 80% de la flora nativa (árboles y arbustos, principalmente) de las selvas húmedas neotropicales, depende de vertebrados frugívoros para la dispersión de sus semillas (Howe y Smallwood, 1982), lo cual se cumple para la flora leñosa nativa de Los Tuxtlas (Ibarra-Manríquez, 1985).

El arbolado que hemos descrito en los potreros puede incrementar el intercambio de semillas endozoócoras entre fragmentos de selva separados, al facilitar el movimiento de aves y murciélagos a través de los potreros; pueden reintroducir sus semillas al interior de los fragmentos reduciendo su aislamiento y complementando a las poblaciones que quedan en ellos. Los remanentes forestales que quedan en los potreros, al orientar el movimiento de vertebrados frugívoros en ellos, determinan en última instancia el patrón espacial de deposición de semillas en el paisaje (Guevara y Laborde, 1993; Laborde 1996).

La regeneración de numerosas especies de la selva en el paisaje está limitada por las prácticas pecuarias actuales, tales como los constantes y frecuentes chapeos (corte con machete) o aspersión de herbicidas en los potreros (incluidas las áreas bajo la copa de árboles aislados), así como la acción del ganado (ramoneo y piso-

teo) podrían ser las responsables de la ausencia de plantas juveniles de especies de la selva, por fuera y lejos de los fragmentos (Guevara *et al.,* 1986).

La presencia de árboles de selva en las áreas abiertas (campos de cultivo y potreros) puede contrarrestar los efectos nocivos, demográficos y genéticos, ocasionados por la fragmentación de la selva sobre la fauna y flora nativa, al incrementar la conectividad del paisaje (Forman y Godron, 1986). La disponibilidad de especies en los potreros (Guevara *et al.,* 1992) es incrementada por la presencia de sitios de deposición de semillas (arbolado de los potreros) y su variabilidad depende de la localización y composición de fuentes vecinas de semillas y frutos (comunidades vegetales adyacentes). El estudio de la dispersión de semillas en paisajes similares al de Los Tuxtlas, puede ser punto de partida para el diseño de paisajes en los que se optimice el desplazamiento de aves y murciélagos, y de las semillas y frutos que acarrean desde los fragmentos hacia el potrero y entre los dispersos remanentes de selva, esto promovería un aumento en la disponibilidad de numerosas especies de selva en el paisaje, así como las posibilidades de persistencia de sus poblaciones, tanto de la fauna frugívora como de la flora endozoócora (Guevara y Laborde, 1993).

El diseño y manejo del paisaje

El conocimiento, entendimiento y promoción de la conectividad del paisaje puede ayudar a manejar los recursos naturales y la biodiversidad del paisaje, contribuyendo a la regeneración natural de la selva y alcanzando una ganadería verdaderamente sustentable que no desaparezca a la selva y su diversidad. La conectividad del paisaje es un concepto que, en su acepción más simple, se puede definir como lo contrario al aislamiento de los elementos que conforman un paisaje. Este concepto tiene un componente estructural que se refiere a la cantidad de contactos físicos, por ejemplo entre remanentes de selva, así como a la magnitud de las distancias que los separan. La conectividad incluye además el aspecto funcional de las conexiones, lo cual se refiere a la frecuencia e intensidad del flujo de organismos, nutrientes, materia o energía entre los elementos del paisaje (Forman y Godron, 1986). En el caso de paisajes forestales fragmentados, la conectividad determina en qué medida los individuos que quedan en remanentes separados por la fragmentación conforman una unidad demográfica funcional (Turner, 1989; Laborde, 1996).

En los paisajes fragmentados la distancia que separa a los fragmentos remanentes de la selva se ha utilizado como un estimador de su aislamiento (Guevara, 1995). A mayor distancia de separación entre dos fragmentos menor será el número de animales de la fauna nativa capaz de moverse entre ellos; sin embargo, al considerar únicamente la distancia que separa a los fragmentos, se omite la existencia de complejas y heterogéneas características estructurales y florísticas del paisaje. En particular se ignoran todos aquellos elementos arbóreos aquí descritos y que están fuera de los fragmentos de selva, mismos que son parte integral del paisaje actual. En ese paisaje los fragmentos remanentes de selva difícilmente pueden ser considerados como islas de selva inmersas en un mar de pastos, debido a que los numerosos y heterogéneos elementos arbóreos que encontramos en los potreros y otras áreas abiertas al cultivo ofrecen sitio de refugio temporal, de descanso o incluso alimentación a la fauna nativa de la selva que sale de esos fragmentos (Laborde 1996; Guevara *et al*., 1998; Galindo-González, 1999; Graham, 2001).

Futuro del paisaje potrero-selva

El paisaje de la sierra de Los Tuxtlas ha cambiado rápidamente durante las últimas décadas (Guevara y Moreno, 2008). La primera transformación fue efecto de la apertura de campos agrícolas que formó un conjunto donde la selva y los cultivos alternaban con acahuales. La segunda transformación se debió a la conversión de campos agrícolas en potreros, con la casi desaparición de los acahuales y una severa fragmentación de la selva, dando lugar al actual mosaico de selva y potreros. El antecedente agrícola de los potreros explica el profuso arbolado remanente que desaparece a medida que aumenta la edad de los potreros y éstos se tecnifican, aunque ocasionalmente se dan reconversiones agrícolas más o menos masivas debido a la incidencia de sequías o plagas de manera impredecible.

El futuro paisaje de Los Tuxtlas podría tener dos escenarios extremos. El primero de ellos constituye un conjunto desintegrado de elementos, dominado por

extensos pastizales desprovistos de árboles y donde los elementos de conectividad son eliminados. En este escenario las poblaciones nativas sobrevivientes a la tala quedarían confinadas y restringidas al interior de los fragmentos, totalmente aisladas de los individuos sobrevivientes en otros fragmentos. Dada la severa fragmentación actual de Los Tuxtlas, la situación anterior ocasionará a largo plazo la extinción local de un gran número de especies y, por lo tanto, una severa disminución de la biodiversidad. El segundo escenario es un conjunto de fragmentos de selva, potreros, campos de cultivo y acahuales integrados gracias a elementos de conectividad, como son los árboles aislados, corredores riparios y cercas vivas, entre otros, que contribuyan a mantener la disponibilidad de especies de la selva, así como la accesibilidad a los sitios. En este paisaje interconectado podría llegarse a mantener a largo plazo un porcentaje muy alto y representativo de la biodiversidad nativa original de Los Tuxtlas, aún sin detener las actividades agropecuarias y permitiendo la regeneración natural de la selva.

El reemplazo y el mantenimiento del arbolado de los potreros no es una tarea difícil (Laborde *et al*., 2008). Debe haber control de los chapeos y aspersión de herbicidas que se hacen bajo su copa y excluir por periodos relativamente cortos al ganado por debajo de su copa o en una porción de ella. La rica y diversa vegetación arbórea que se regenera bajo estas condiciones permite seleccionar especies de selva para reemplazar al árbol remanente del dosel original (Barrera-Láez, 1995).

Para el mantenimiento de la biodiversidad nativa de Los Tuxtlas es indispensable la conservación de los fragmentos de selva más extensos que aún quedan en la región y para ello detener la tala es crucial (Von Thaden, *et al.,* 2018). En este sentido, el decreto de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas (Guevara *et al*., 2004) es alentador. Dicho decreto incluye tres zonas núcleo que suman cerca de 30 000 ha (~10 000; 18 000 y 2 000 ha, respectivamente; Guevara y Laborde, 2009), que protegen a los remanentes de selva húmeda y bosque de niebla o mesófilo de montaña (*sensu* Rzedowski, 1978) más extensos y mejor conservados de la región. Además, las tres zonas núcleo están envueltas por una sola zona de amortiguamiento que incluye 125 000 ha de potreros y campos de cultivo profusamente arbolados, en los que se encuentran inmersos fragmentos de selva húmeda de distintos tamaños, gran cantidad de corredores riparios, cercas vivas y numerosos árboles aislado (Damschen, *et al.,* 2006).

La sierra de Los Tuxtlas es un escenario ideal para implementar y probar distintas alternativas de uso y manejo de los recursos naturales, en una zona del trópico húmedo mexicano con alta densidad poblacional y avanzado grado de fragmentación (Guevara, 2016; Lazos-Ruiz *et al*., 2016).

Esta es una alternativa para el desarrollo forestal sustentable, el uso de especies nativas de árboles en campos ganaderos como la base para promover una nueva cultura forestal sustentable. El arbolado permitiría favorecer el movimiento de las especies de plantas y animales favoreciendo a la diversidad biológica y a la capacidad natural de regeneración de la selva y garantizando la provisión de bienes y servicios a los campesinos y ganaderos, sin modificar esencialmente la forma de uso ganadero actual.

Referencias

Aguirre, L. 1976. *El papel de algunas aves en la dinámica que se establece entre las zonas abiertas al cultivo y a la ganadería y la selva alta perennifolia en Balzapote, Veracruz*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Aguirre-Beltrán, G. 1992. *Pobladores del Papaloapan: biografía de una hoya*. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS-Golfo), SEP, México.

Alcorn, J.B. 1984. *Huastec Mayan Ethnobotany.* University of Texas, Austin.

Arriaga, S. y F. Lozano. 1980. *El papel de algunas aves en la ecología de las zonas abiertas a la agricultura en Balzapote, Veracruz, México*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Attolini, J. 1948. La ganadería en la cuenca del Papaloapan. *Investigación Económica,* 4:375-417.

Barrera-Bassols, N. 1992. El impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz. Pp. 79-114. En: Boege, E. y Rodríguez, H. (Eds.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz.* CIESAS-Golfo, Instituto de Ecología, A.C., Fundación Friedrich Ebert, Xalapa.

———. 1996. Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias*, 44:14-27.

Barrera-Laez, O. 1995. *Uso y manejo de árboles en potreros de Los Tuxtlas, Veracruz*. Tesis de licenciatura, Facultad de Agronomía, Universidad Veracruzana, Xalapa.

Bongers, F., J. Popma, J. Meave y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio*, 74:55-80.

Buckles, D. 1989. *Cattle, corn and conflict in the Mexican tropics.* Tesis de doctorado. Carleton University, Ontario.

Carter, W.E. 1969. *Newlands and old traditions: kekchi cultivators in the Guatemalan lowlands.* University of Florida Press, Gainsville.

Cházaro, M.J. 1977. El huizache, *Acacia pennatula* (Schlecht. y Cham.) Benth. Especie invasora del centro de Veracruz. *Biotica*, 2:1-17.

Chevalier, F. 1999. *La formación de los latifundios en México. Haciendas y sociedad en los siglos XVI, XVII y XVIII*. Fondo de Cultura Económica, México.

Coates-Estrada, R. y A. Estrada. 1985. *Lista de las aves de la Estación de Biología Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, UNAM, México.

_____ . 1986. Fruiting and frugivores at a strangler fig in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology,* 2:349-357.

_____. 1988. Frugivory and seed dispersal in *Cymbopetalum baillonii* (Annonaceae) at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology,* 4:157-172.

Coe, M.D. 1965. The Olmec style and its distribution. *Handbook of Middle American Indians*, 3:739-775.

Damschen, E.L., N.M. Haddad, J.L. Orrok, J. Tewksbury y D.J. Levey. 2006. Corridors increase plant species richness at large scales. *Science*, 313:1284-1286.

Dirzo, R y A. Miranda. 1990. Contemporary neotropical defaunation and forest structure, function, and diversity a sequel to John Terborgh. *Conservation Biology*, 4:444-447.

Dufour, D.L. 1990. Use of tropical rainforests by native Amazonians. *BioScience*, 40:652-659.

Estrada, A., R. Coates-Estrada y C. Vázquez-Yanes. 1984. Observations on fruiting and dispersers of *Cecropia obtusifolia* at Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica*, 16:315-318.

Forman R., T.T. y M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley y Sons, Nueva York.

Galindo, C.L. 2012. La edad de hielo en México. *National Geographic en español*, 31:56-87.

Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie*), 73:57-74.

_____. 1999. *Los murciélagos frugívoros en la regeneración de la vegetación del paisaje pastizal-selva de Los Tuxtlas, Veracruz*, Tesis de doctorado. Instituto de Ecología, A.C, Xalapa.

Galindo-González, J., S. Guevara y V.J. Sosa. 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*, 14:1693-1703.

Goman, M. 1992. *Paleoecological evidence for prehistoric agriculture and tropical forest clearance in Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico*, Tesis de doctorado. University of California, Berkeley.

Gómez-Pompa, A. y A. Kaus. 1990. Traditional management of tropical forests in Mexico. En: A.B. Anderson (Ed.). *Alternatives to deforestation: steps towards sustainable use of the Amazon rain forest.* Columbia University Press, Nueva York.

González-Sierra, J. 1991. Los Tuxtlas. En: *Veracruz: imágenes de su historia*. Archivo General del Estado de Veracruz.

Gordon B., L.R. 1982. *A Panama forest and shore: natural history and Amerindian culture in Bocas del Toro.* Pacific Grove, Boxwood Press, CA.

Graham, A. 1975. Late Cenozoic evolution of tropical lowland vegetation in Veracruz, Mexico. *Evolution*, 29:723-735.

Graham, C.H. 2001. Factors influencing movement patterns of keel billed toucans in a fragmented tropical landscape in southern Mexico. *Conservation Biology*, 15:1789-1798.

Gross, C.E. 2017. *Distribución y abundancia de árboles solitarios en los potreros de la sierra de Los Tuxtlas*. Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Xalapa.

Guevara, S. 1986. *Plant species availability and regeneration in Mexican tropical rainforest*. Tesis de doctorado, Universidad de Uppsala, Suecia.

_____. 1995. Conectivity: key in maintaining tropical rain forest landscape diversity, a case study. Los Tuxtlas. Pp. 63-94. En: Halladay, P. y Gilmour, D.A. *Conserving biodiversity outside protected areas. The role of traditional agro-ecosystems*. UICN, Suiza.

_____. 2016. Biodiversidad y resiliencia de la selva húmeda en Mesoamérica. Pp. 186-203. En: Sáenz, N. y Lewis, R. (Eds.). *Tropical forest conservation: long term processes of human evolution, cultural adaptation and consumption patterns*. UNESCO, París.

_____. 2017. The trees left behind. ITTO *Tropical Forest Update*, 26(2):11-14.

Guevara, S. y J. Laborde. 1992. Uso de árboles aislados para el manejo de pastizales tropicales: su contribución al mantenimiento de la diversidad de especies de la selva. En: *Atelier sur l'aménagement et la conservation de l'écosysteme forestier tropical humide. Études de cas* (Cayena, Guayana Francesa, 12-16 de marzo de 1990.) MAB UNESCO, IUFRO-FAO.

_____. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio,* 107/108:319-338.

_____. 2009. El enfoque paisajístico en la conservación: rediseñando las reservas para la protección de la diversidad biológica y cultural en América Latina. *Environmental Ethics,* 30:33-44.

_____. 2014. The mesoamerican rain forest environmental history. Livestock and landscape biodiversity at Los Tuxtlas, Mexico. Pp. 219-250. En: Guevara, S.S. y J.

Laborde (Eds.*). grazing systems and biodiversity in Latin American areas*, Colombia, Chile and Mexico.

Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy? *Selbyana*:34-43.

_____. 2004. *Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra.* Instituto de Ecología, A.C., Unión Europea, Xalapa.

_____. 2005. Los árboles que la selva dejó atrás. *Interciencia* 30(10):595-601.

Guevara, S. y A. Lira-Noriega. 2004. De los pastos de la selva a la selva de los pastos: la introducción de la ganadería en México. *Pastos* XXXIV(2):109-150.

Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola y J. Laborde. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science*, 3:655-664.

Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola, J. Laborde y S. Castillo. 1994. Vegetación y flora de potreros en la sierra de Los Tuxtlas, México. *Acta Botanica Mexicana,* 28:1-27.

Guevara, S. y P. Moreno. 2008. El dilema de los recursos naturales: la ganadería en el Trópico de México. *Revista Guaraguao*, 29:9-23.

Guevara, S., P. Moreno y G. Sánchez-Ríos. 2006. Soil seed bank in tropical agricultural fields at Los Tuxtlas, Mexico. *Tropical Ecology,* 46(2):217-225.

Guevara, S., S.E. Purata y E. Van der Maarel. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio*, 66(2):77-84.

Guevara, S. y G. Sánchez-Vigil. 2011. *Los Tuxtlas. Tierra mítica*. Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Veracruz y Universidad Veracruzana, Xalapa.

Havard-Duclos, B. 1975. *Las plantas forrajeras tropicales: técnicas agrícolas y producciones Tropicales*. Ed. Blume, Barcelona.

Hernández, L. (Comp.). 2001. *Historia ambiental de la ganadería en México*. Institut de Recherche pour le Developpment IRD e Instituto de Ecología, A.C., Xalapa.

Hernández-Xolocotzi, E. 1959. La agricultura. En: Beltrán, E. (Ed.). *Los recursos naturales renovables del sureste y su aprovechamiento.* Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C., México.

Holl, K.D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil 1. *Biotropica*, 31(2):229-242.

Howe, H.F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics,* 13:201-228.

Ibarra-Manríquez, G. 1985. *Estudios preliminares sobre la flora leñosa de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtla, Veracruz, México*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Illsey, G. 1995. Vegetación y milpa en el ejido de Yaxcabá, Yucatán. En: E. Hernández, E. Bello y S. Levy (Eds.). *La milpa en Yucatán. Un sistema de producción agrícola tradicional.* Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.

Janzen, D. 1984. Dispersal of small seeds by big herbivores: foliage is the fruit. *American Naturalist*, 123:338-353.

Kelly, I. y Palerm, A. 1952. *The Tajun Totonac. Part 1. History, subsistence, shelter and technology*. Smithsonian Institut, Washington D.C.

Laborde, J. 1996. Patrones de vuelo de aves frugívoras en relación a los árboles en pie de los pastizales. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Laborde, J., S. Guevara y G. Sánchez-Ríos. 2008. Tree and shrub seed dispersal in pastures: the importance of rainforest trees outside forest fragments. *Ecoscience,* 15:6-16.

Lazos-Ruiz, A.E., P. Moreno-Casasola, S. Guevara, C. Gallardo Hernández y E. Galante. 2016. El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado. *Madera y Bosques,* 22(1):17-36.

Lira-Noriega A., S. Guevara, J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2007. Composición florística en potreros de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Acta Botanica Mexicana*, 80:59-87.

Lovejoy, T.E., B.O. Bierregaard Jr., A.B. Rylands, J.R. Malcolm, C.E. Quintela, L.H. Harper, K. . Brown Jr., A.H. Powell, G.V.N. Powell, H.O.R. Schubart y M.B. Hays. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. Pp. 257-285. En: M.E. Soulé (Ed.). *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Martínez, J. 1980. *Prácticas tradicionales de establecimiento y uso de los potreros en una región cálido-húmeda (Balzapote, Veracruz).* Tesis Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Martínez-Ramos, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 54:179-224.

Mayer, R.F. 1962. *Estudio vulcanológico de la región de Los Tuxtlas, Veracruz*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

Melgarejo-Vivanco, J.L. 1980. *Historia de la ganadería en Veracruz*. Xalapa.

Nepstad, D., C. Uhl y E.A. Serrao. 1990. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brazil. Pp. 215-229. En: Anderson, A.B. (Ed.). *Alternatives to deforestation: steps towards sustainable use of the Amazon rain forest.* Columbia Univ. Press., Nueva York.

Opdam, P., G. Rijsdijky y F. Hustings. 1985. Bird communities in small woods in an agricultural landscape: effects of area and isolation. *Biological Conservation*, 34:333-352.

Parsons, J.R. 2010. The pastoral niche in pre-hispanic Mesoamerica. Pp. 109-136. En: J.E. Staller y M. Carrasca (Eds.). *Precolumbian food ways. Interdiciplinary approaches to food culture and markets in ancient Mesoamerica*. Springer New York, Dordecht Heidelberg London.

Pool, C.A. 2007. *Olmec archeology and early Mesoamerica*. Cambridge University Press, Nueva York.

Popma, J. y F. Bongers 1991. Acclimation of seedlings of three mexican tropical rain forest tree species to a change in light availability. *Journal of Tropical Ecology,* 7(1):85-97.

Redfield, R. y A.V. Rojas. 1962. *Chan kom: a maya village*. 3a. edition. University Press, Chicago.

Reveal-Mouroz, J. 1980. *Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano, la vertiente del Golfo y del Caribe*. FCE, México.

Richards, P.W. 1952. *The tropical rain forest: an ecological study New York*. Cambridge Univ. Press.

Rzedowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Limusa, México.

Saab, V.A. y D.R. Petit. 1992. Impact of pasture development on winter bird communities in Belize, Central America. *Condor*, 94:66-71.

Sanabria, O.L. 1986. *El uso y manejo forestal en la comunidad de Xul, en el sur de Yucatán*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Ver. Xalapa.

Santley, R.S. 2007. *The prehistory of Los Tuxtlas*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Santley, R.S. y P.J. Arnold. 1996 Prehispanic settlements patterns in Los Tuxtlas mountains, southern Veracruz, Mexico. *Journal of Field Archaeology,* 23:225-249.

Siemens, A.H. 2002. El "Rub al-Kahili" prehispánico de Los Tuxtlas: una interpretación del paisaje. Pp. 161-202. En: B.B. García y M. Prieto (Comps.). *Estudios sobre historia y ambiente en América II.* El Colegio de México.

———. 2009. *Una manera de ver Los Tuxtlas. Paisaje de Mesoamérica*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Corredor Biológico Mesoamericano, México.

Skerritt, D. 1992. La ganadería en el centro del estado de Veracruz. Pp. 125-130. En: E. Boege y H. Rodríguez (Eds.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*, CIESAS-Golfo, Instituto de Ecología, A.C., Fundación Friedrich Ebert, Xalapa.

Sluyter, A. 1994. Intensive wetland agriculture in Mesoamerica: space, time and form. *Annals of the Association of American Geographers*, 84(4):557-584.

_____ . 1996. The ecological origins and consequences of cattle ranching in sixteenth-century New Spain. *The Geographical Review,* 86(2):161-177.

_____ . 1999. The making of the myth in postcolonial development: material-conceptual landscape transformation in sixteenth-century Veracruz. *Annals of the Association of American Geographers,* 89(3):277-401.

Stark, B.L. y P.J. Arnold (Eds.). 1997. *Olmec to aztec: settlement patterns in the ancient Gulf lowlands.* University of Arizona Press, Tucson.

Stuart, G.E. 1993. New light in the Olmec. *National Geographic,* 184(5):88-115.

Toledo, V.M. 1982. Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico. Pp. 93-111. En: Prance, G.T. (Ed.). *biological diversification the tropics*. Columbia University Press, Nueva York.

Turner, M.G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics,* 20:171-197.

Van Dorp, D. 1985. Frugivoría y dispersión de semillas por aves. Pp. 333-363. En: A. Gómez-Pompa y S. del Amo (Eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Vol. II. Editorial Alhambra Mexicana, México.

Vanderwarker, A.M. 2006. *Farming, hunting and fishing in the Olmec world.* University of Texas Press, Austin.

Villaseñor, J.L., E. Ortiz y A. Campos-Villanueva. 2018. High richness of vascular plants in the tropical Los Tuxtlas region, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 11:1-12.

Von Thaden Ugalde, J.J., J. Laborde Dovali, S. Guevara y C.S. Venegas-Barrera. 2018. Forest cover change in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve and its future: the contribution of the 1998 protected natural area decree. *Land Use Policy*, 72:443-450.

Williams-Linnera, G., V. Domínguez-Gastelu y M. García. 1998. Microenvironment and floristics of different edges in a fragmented tropical rain forest. *Conservation Biology,* 12:1091-1102.

Wiseman, F.M. 1978. Agricultural and historical ecology of the Maya lowlands. Pp. 63-115. En: P. Harrison y T. BL. (Eds.). *Pre-hispanic maya agriculture*. University of New Mexico Press, Alburquerque.

Young, H.S., D.J. McCauley, K.M. Helgen, J.R. Goheen, E. Otarola-Castillo, T.M. Palmer, R.M. Pringle, T.P. Young y R. Dirzo. 2013. Effects of mammalian herbivore declines on plant communities: observations and experiments in an African savanna. *Journal of Ecology,* 101:1030-1041.

Zizumbo V., D. y P. Sima. 1988. *Las prácticas de roza-tumba-quema en la agricultura maya-yucateca y su papel en la regeneración de la selva. Medio ambiente y comunidades indígenas del sureste.* UNESCO, Gobierno de Tabasco, Villahermosa.

La ganadería bovina veracruzana: HACIA LA SUSTENTABILIDAD

Lucrecia Arellano, Silvia López-Ortiz, Ponciano Pérez-Hernández, José Gerardo Alonso B., José Antonio Torres-Rivera, Carmen Huerta, Magdalena Cruz-Rosales

Los seres humanos tienen necesidades, tanto primarias como inducidas por el ambiente en que viven y para satisfacerlas toman decisiones; de acuerdo con esas decisiones se han manejado los ecosistemas naturales para obtener bienes y servicios de provisión, principalmente alimentos. La percepción sobre la calidad de vida y el bienestar determinan, en parte, las formas de aprovechamiento de los recursos básicos de los territorios y, a su vez, estos recursos influyen directamente en las formas de consumo.

La ganadería es una actividad económica de importancia global que ha traído consigo impactos de gran envergadura a la salud de la población y de los ecosistemas, esos impactos se han atribuido a la alta existencia de cabezas de ganado en el mundo y a las grandes extensiones de tierras dedicadas a ese uso de suelo. Se estima que en 2008, la ganadería ocupaba 78% de la tierra agrícola y cerca de 33% de la tierra con cultivos.

La población mundial de bovinos creció de 1,310 millones de cabezas en 1998 a 1,347 millones en 2008 (Pérez-Espejo, 2008) y se prevé que se incrementen esas existencias para sostener a una población global creciente, que se duplicará hacia el año 2050 (10 mil millones de personas), la cual demanda carne, leche, queso y otros productos derivados del ganado (FAO, 2017*a*).

La ganadería bovina ha evolucionado en dos vertientes, según las prácticas de manejo y el uso de recursos. Por un lado, el manejo se ha desarrollado hacia sistemas industriales altamente tecnificados, en los que los animales se convierten en instrumentos de producción, manejados en confinamiento y con alta dependencia en insumos externos; en el otro extremo, se ha llegado a sistemas que dependen del pastoreo extensivo, menos tecnificados y poco eficientes. En los dos casos existen prácticas que tienen una profunda huella ecológica (Rivera-Huerta *et al*., 2016).

Los sistemas intensivos con producción industrial demandan insumos agrícolas y farmacéuticos cuya producción tiene alto costo ecológico, mientras que los sistemas extensivos y menos tecnificados utilizan extensiones de tierra con efec-

tos perjudiciales para el mismo suelo, el agua y la biodiversidad. Asimismo, los desechos que se generan (heces, orina, restos de animales, aguas negras y grises, etc.) no se manejan de manera apropiada y terminan siendo contaminantes al depositarse en algún lugar. Este tipo de enfoque ha mostrado evidencias claras de insostenibilidad (Huerta *et al.*, 2016), por los efectos asociados al ambiente, a la salud de los propios ganaderos (por el alto riesgo de intoxicación aguda o crónica por el uso de agroquímicos) y ha tenido repercusiones a nivel social, como la migración y el abandono de la actividad ganadera.

Aunado al alto costo ecológico, la ganadería actual se hace cada vez más dependiente de insumos como los alimentos concentrados para los animales, minerales, fármacos, promotores del crecimiento y productos de limpieza, entre otros, cuyo precio aumenta constantemente y, al mismo tiempo, la productividad de los sistemas ganaderos ha disminuido por la aparición de nuevos retos que requieren insumos más caros y casi inaccesibles (enfermedades, parásitos resistentes, afecciones secundarias, entre otros). Así, día a día disminuye la productividad, aumentan las necesidades y los precios de insumos, disminuyendo en consecuencia la rentabilidad. Esta compleja situación tiene impactos sociales sin precedentes en el mundo y en México.

Buscando maximizar los procesos de producción de bienes y la rentabilidad de sus inversiones, la ganadería industrial ha provocado cambios en las formas de alimentación del ganado, aplicando técnicas con profundas consecuencias para los animales, para la salud humana y para los ecosistemas. El ganado es alimentado con productos y subproductos ajenos a la naturaleza de consumir hierba y partes de las plantas y/o con alimentos en presentaciones físicas que modifican los patrones de comportamiento y de consumo natural de los animales (tales como lamer, ramonear, pastar). Esos cambios originan problemas de salud en los animales, pero al mismo tiempo, los alimentos que se obtienen de ellos (carne, leche, derivados lácteos y otros) han cambiado su valor nutrimental y nutracéutico (significa que pueden mejorar o mantener la salud), ocasionando problemas de salud importantes al ser consumidos por el hombre. Ejemplos de lo anterior es la desproporción de ácidos grasos saturados e insaturados, la presencia de fármacos en la carne, leche y todos sus derivados (Simapoulos, 1999; Villalba *et al.*, 2014).

Dentro de la cadena de producción, los ganaderos son actores del sector primario que producen alimentos y otros bienes de origen animal, utilizando los recursos naturales a su alcance, por lo que tienen una función preponderante en la tarea de frenar y revertir el deterioro de los ecosistemas, así como de mejorar el manejo del ganado y producir alimentos sanos. Sistemas de alimentación como el Pastoreo Racional Voisin (Pinheiro-Machado, 2017), los sistemas silvopastoriles (Landeral-Ocampo, 1993; Alonso, 2011) y los sistemas con manejo adecuado de residuos, fertilizantes naturales y uso racional de insumos, entre otros; pueden ser algunos de los modelos productivos que apoyen en esa tarea. Eso no resta importancia a muchos otros actores de las redes de producción animal que toman decisiones de consumo y de tipo comercial.

La comercialización de la carne del ganado bovino y la dinámica mundial de su producción, así como la de otros productos derivados de este tipo de ganado han estado influenciadas, entre otros factores, por el contexto macroeconómico, el crecimiento de la población y su localización, las políticas de apoyo de cada país y las negociaciones internacionales.

En los últimos años, ha sido lento el crecimiento de la producción de carne, equivalente al 1.8% anual (pasó de 57.58 millones de toneladas en 2010 a 58.63 en 2014), debido a múltiples factores como el incremento en el precio de los granos forrajeros y sus subproductos, el uso de biocombustibles (que generan demanda extra en el mercado de los granos), el aumento del precio del petróleo, la devaluación del dólar estadounidense y el incremento de precios de bienes agrícolas (producidos en masa, con valor o utilidad y muy bajo nivel de diferenciación o especialización) como son la leche en polvo y sustitutos de crema (Rodríguez-Licea y Morales-Morales, 2015).

Además, el consumo mundial de carne de bovino presenta tendencia a la baja, principalmente debido al incremento en el precio de la carne de res, que ha trasladado el consumo hacia carnes más accesibles, particularmente la de pollo y la de cerdo (Román Ponce *et al.*, 2012), así como por el interés de algunos consumi-

dores sobre la producción de dióxido de carbono y metano por parte del ganado; ambos gases de efecto invernadero.

Con respecto al ganado lechero, la producción mundial de leche de bovino se concentra en pocos países: Estados Unidos de América, Unión Europea (UE; con países como Alemania, Francia, Reino Unido y Polonia), India, China, Brasil y Nueva Zelanda. Cuando se habla de leche en polvo y quesos, la UE se sitúa como la principal abastecedora en el mundo (49.7%), seguida por Nueva Zelanda (15%) y Australia (5.6%; Portal Lechero, 2017); la FAO registró en los últimos años aumento constante en la producción mundial de leche (1.85 % anual; Hernández-Cuevas, 2011).

La ganadería en México

La transformación

Por lo menos hasta la década de 1930, la economía del país estaba basada en la agricultura (cacao, plátano, caña de azúcar y tabaco, entre otros cultivos). Eso ha ido cambiando en el tiempo y la ganadería se ha convertido en actividad cada vez más importante. Entre 1940 y 1950 se produce importante crecimiento en la superficie de pastos (42.4%) sobre todo en seis estados del trópico mexicano (Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán), bajo la justificación de que estas áreas no eran aptas para cultivos básicos, sino que eran ideales para la ganadería (Villafuerte *et al*., 1997).

Otras razones que estimularon al desarrollo de la ganadería en México fueron las grandes ganancias por la venta de ganado en pie a otros países, especialmente a los Estados Unidos y la producción de alimentos para abastecer las necesidades de la población que habita en las áreas urbanas (Román Ponce *et al*., 2012).

Desde 1970, la ganadería bovina en el país y en el mundo experimentó fuerte crecimiento por la apertura de nuevas vías de comunicación y posteriormente tratados de libre comercio, donde los países menos desarrollados debían competir en el mercado con aquellos con mejores niveles de producción. Las transformaciones de las reglamentaciones agrarias han desempeñado también una función muy importante ya que al observar que las riquezas naturales no otorgaban gran economía al país, el gobierno empezó a enfocarse en el desarrollo agrario (Barrera-Bassols y Rodríguez, 1993).

En México, la conversión de tierras forestales en la frontera norte obedece, sobre todo, a incentivos en los precios, principalmente de la carne. Es fácil hacer los cálculos: las tierras forestales son baratas, es posible criar ganado en tierras muy poco productivas y con escasa inversión en insumos y mano de obra contratada, el ganado se puede transportar y comercializar con relativa facilidad, lo que ofrece gran flexibilidad económica y capacidad de generar ingresos, con una inversión y riesgo inferiores a los de otras opciones de uso de las tierras, esto da a la cría de ganado gran interés y conveniencia, incluso cuando la productividad por cabeza de ganado o por hectárea sea baja, lo que suele ser la norma en las tierras forestales taladas.

Ante la necesidad creciente de recursos para la producción ganadera, se origina una transformación ambiental acelerada y aumenta de manera importante la extensión de tierra dedicada al pastoreo o a la siembra de cultivos para la alimentación bovina (Dávila-Moreno, 2013), disminuyendo la superficie forestal por la competencia permanente con las áreas para fines pastoriles y agrícolas (Palma, 2014).

Actualmente, la ganadería se puede considerar como una de las actividades económicas más importantes en México, debido a la superficie que ocupa, a la cantidad de personas que desarrollan sus actividades dentro de este medio, a la inversión del capital que se requiere para su desarrollo y a los impactos ambientales que, con o sin razón, se le adjudican.

La ganadería hoy

México cuenta con 196.4 millones de hectáreas de las cuales 9.3 millones son terrenos rurales que ocupan un área de 190.3 millones de hectáreas y representan 96.9% de la superficie total del país. Cabe mencionar que las 6.1 millones de hectáreas restantes corresponden tanto a áreas urbanas como a las que se han ocupado con infraestructura medida, es decir, carreteras y cuerpos de agua, cauces de ríos y arroyos.

Del total de terrenos que existen en el país (Cuadro 1), 11% reportan tener como actividad principal la ganadería, de estos, 77.9% tienen bovinos como especie principal, 7.1% aves de corral, porcinos, ovinos, caprinos y colmenas y 15% restante reporta otras especies. Por lo anterior, en este capítulo nos enfocaremos principalmente a la ganadería de bovinos.

Aunque la superficie destinada a la ganadería es mayor que la dedicada a la agricultura (Cuadro 1), el número de terrenos dedicados a la ganadería es menor pero su tamaño es mayor (64.4 ha en promedio) que los terrenos dedicados a la agricultura (7.76 ha en promedio). En cuanto al número de animales, en 2014, 61.8% de las unidades de producción con actividad ganadera tenía de uno a 10 bovinos y 26.7% contaba con 11 a 35 animales. Ambos estratos concentraron 90% de las unidades de producción de medianos y pequeños productores (INEGI, 2014; Figura 1).

Figura 1. Unidades de producción, por estratos de existencias de bovinos (Fuente: INEGI 2014).

La producción ganadera, tanto en la cadena productiva de carne como en la de leche, es en general muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones (Rojo-Rubio *et al.,* 2009).

Los sistemas de producción existentes en México van desde los más altamente tecnificados e integrados hasta los de traspatio. La engorda intensiva de ganado bovino propicia que en el sector ganadero nacional se mantengan activos alrededor de 717 mil ganaderos, además de 370 mil empleos en el sector proveedor de granos y forrajes y 165 mil empleos en la industria procesadora de la carne. En forma global la engorda en corral aseguraba, en 2012, en forma directa e indirecta, el empleo de por lo menos 1,253,450 trabajadores en el campo mexicano (AMEG, 2012). De igual manera se destaca en las unidades ganaderas una gran diversidad de prácticas productivas (Cuadro 2).

Es evidente que del total de unidades de producción pecuaria (UPP) las prácticas relacionadas con la desparasitación, sanidad y sistemas de pastoreo son las más utilizadas. Al respecto existen una serie de preguntas a contestar: ¿son las suficientes?, ¿son las adecuadas para mantener el recurso suelo, agua, bosque saludable?, ¿son las adecuadas para aprovechar las potencialidades de los territorios y lograr la rentabilidad deseada?

Cuadro 1. *Relación del número de terrenos y la superficie ocupada (ha) por diferentes actividades productivas en México.*

Actividad	Número de terrenos	(%)	Superficie total	(%)
Ganadería	1,065,945	11	64,106,425.93	34
Agricultura	6,432,484	69	49,951,551.92	26
Forestal	62,873	1	1,790,926.52	1
Sin actividad	1,449,426	16	71,612,892.76	38
Otra	288,575	3	2,810,335.11	1
Total	9,299,303	100	190,272,132.24	100

Fuente: INEGI-SAGARPA, 2016.

Cuadro 2. *Porcentaje de unidades de producción con ganado bovino que utilizan diferentes prácticas.*

Tipo de práctica	(%)
Vacunación	63.30
Desparasitación interna	61.70
Baño contra parásitos de la piel	54.70
Pastoreo en potreros con pasto nativo	46.20
Alimentación con cultivos forrajeros	39.90
Monta controlada	38.80
Alimentación con rastrojos	38.50
Rotación de potreros	35.60
Alimento balanceado	26.70
Inseminación artificial	24.00
Pastoreo en potreros con pasto inducido	17.60
Asistencia técnica	13.30
Algún programa de mejoramiento genético	4.30
Otra tecnología	2.80
Aplicación de hormonas	1.80
Tanque enfriador	1.50
Roladora de granos	1.20
Transferencia de embriones	0.30

Fuente: INEGI-SAGARPA, 2016. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. Cada porcentaje se establece a partir de un 100% por cada categoría.

La carne de bovino

La ganadería bovina ocupa actualmente el primer lugar nacional en producción de carne en canal, con 23,670 toneladas (SIAP, 2017). La carne de bovino es el producto pecuario de mayor importancia económica, social y política en el país, debido a que en su producción se usa 58% del territorio nacional y en su procesamiento y comercialización se involucran miles de productores, particularmente medianos y pequeños, así como proveedores de insumos, prestadores de servicios profesionales y empresarios (Román-Ponce *et al*., 2012).

Estos últimos incorporados a las actividades de finalización y/o trasformación de la leche y carnes, así como en su distribución y comercialización, participando en los eslabones con mayor valor agregado en la cadena de suministro. En México, la producción de carne de bovino creció a una tasa promedio anual de 1.8% en el periodo de 2007 a 2016. Hacia finales de 2015 los precios del ganado bovino vivo y de la carne en canal, en México, registraron máximos históricos y durante 2016 su ritmo de crecimiento disminuyó. Sin embargo, se esperaba una tasa de crecimiento anual de 1.6% durante 2017, derivada de la recuperación del inventario ganadero y del crecimiento de la producción de carne.

Como ya se había mencionado antes, el consumo per cápita de carne de bovino disminuyó entre 2007 y 2016, al pasar de 18.2 kg por persona por año a 14.8 kg. Sin embargo, estimaciones para el 2017 mencionaban que el consumo nacional ascendería a 1.8 millones de toneladas, lo que significaría incremento anual de 0.2% (FIRA, 2017).

El 89% de la demanda de carne de bovino en el país se cubre con su producción interna y el 11% restante con importaciones provenientes principalmente de Estados Unidos de América (Rodríguez-Licea y Morales-Morales, 2015). Según datos de la base FAOSTAT, las exportaciones de carne fresca de bovino en México, en el periodo 1961-2013 crecieron de manera importante a partir de 2009 (Figura 2a), lo que se relaciona directamente con el aumento en su valor en el mercado (Figura 2b).

Las exportaciones de ganado para engorda, en 2003, tuvieron fuerte repunte (31% más que en 2002), motivado por la mejora de su cotización, ante el cierre de la frontera norteamericana a la carne y ganado procedente de Canadá, por la detección de casos de encefalopatía espongiforme bovina en Canadá. En 2016, México compró a los Estados Unidos 900 millones de carne de res, importados para cubrir la demanda de carne, lo cual ha generado efectos negativos en la balanza comercial y en la seguridad alimentaria del país (Ku Vera *et al*., 2017).

En cuanto a las importaciones de carne fresca, la tendencia al incremento inició mucho más temprano (1989), alcanzando su mayor incremento en 2003 (Figura 3a) y el mayor valor por importaciones se obtuvo en 2009 (Figura 3b).

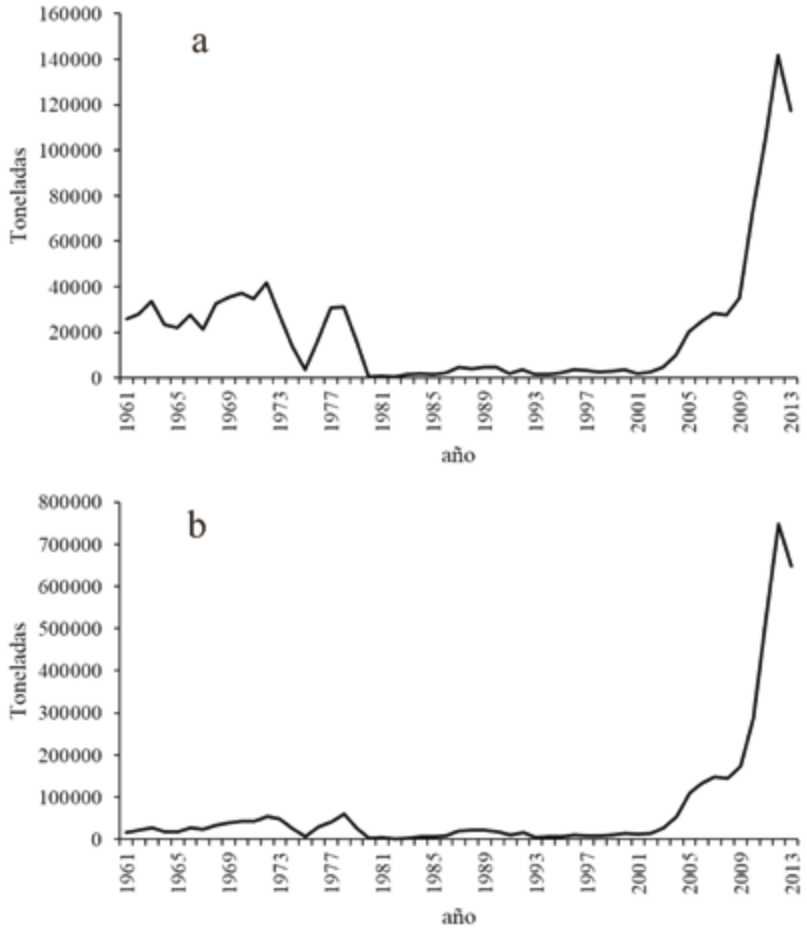

Figura 2. a) Exportaciones de carne bovina fresca para el periodo 1961-2013 en México, b) valor histórico de esas exportaciones (Gráfico basado en datos de FAOSTAT).

Producción de leche

México es el octavo productor mundial de leche (SIAP-SAGARPA, 2017). Dos de cada 100 litros de la leche que se producen en el mundo son mexicanos (Hernández-Cuevas, 2011). El estado de Jalisco es el principal productor con 18% del total, seguido por Durango con 12% y por Coahuila con 11%. Esto se relaciona con la cantidad de vacas que se ordeñan en esos estados por día (Cuadro 3).

En el país, el número de vacas para ordeña, según la Encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI-SAGARPA, 2014) era de 6,637,798 vientres, de las cuales se ordeñaban diariamente 2,385,794 vacas, dato que coincide con lo reportado por el SIAP, donde se señala que exis-

Cuadro 3. *Existencias de vacas a nivel nacional y por entidades federativas (con representatividad en la muestra).*

Entidad federativa	Vacas para ordeña	Vacas ordeñadas por día (promedio)
Nacional	6,637,798	2,385,794
Veracruz	1,206,083	260,653
Durango	769,683	183,758
Jalisco	763,278	360,811
Chihuahua	353,520	143,255
Coahuila	351,989	181,179
Guanajuato	245,136	94,345
Aguascalientes	119,822	75,083

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

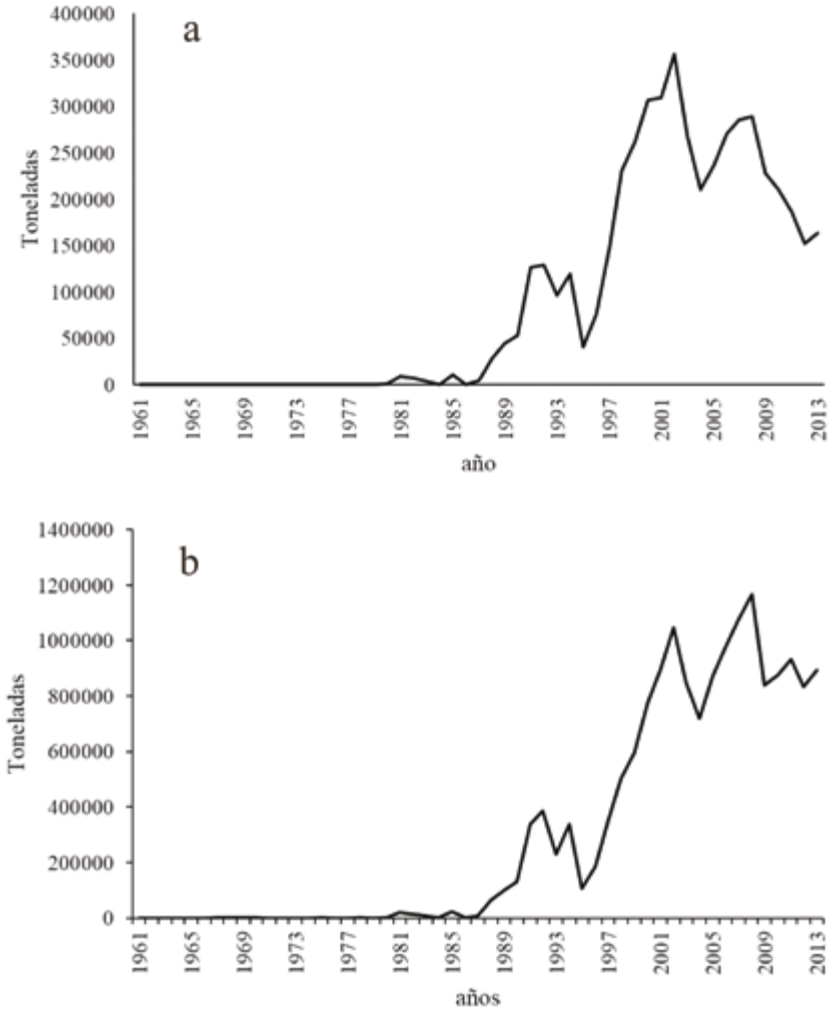

Figura 3. a) Importaciones de carne bovina fresca para el periodo 1961-2013 en México, b) valor histórico de esas importaciones (Gráfico basado en datos de FAOSTAT*).*

tían para ese mismo periodo 2,430,581 bovinos lecheros ordeñados diariamente (Cuadro 4).

En 2010 el subsector lechero en México representó 20.7% del valor del sector agropecuario y a pesar de mostrar un crecimiento constante en los últimos años, no se alcanza a cubrir en su totalidad la demanda de lácteos, por lo cual se presentó una dependencia alimentaria de 13% para leche fluida y de 37.76% para derivados lácteos, como es el queso (SIAP, www.siap.gob.mx).

En 2016 México compró a los Estados Unidos 1,200 millones de dólares en leche en polvo, queso y proteína de suero para cubrir la demanda interna (Ku-Vera *et al.*, 2017). Se estima que México posee el segundo lugar en el mundo en compras de leche en polvo con 7.9% de las importaciones globales (SIAP, 2016), eso se debe a que se consumen 340 ml de leche fresca al día/persona, 160 menos de los que recomienda la FAO. La industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México y su crecimiento depende de la disponibilidad de la leche nacional. Para analizar el subsector lácteo mexicano es necesario separarlo en dos grandes grupos (Espinosa *et al.*, 2013): el mercado de leche fluida dominada por grandes industrias y el mercado de derivados lácteos.

Cuadro 4. *Producción nacional de leche de bovino 1990-2016 (miles de litros).*

Año	Producción	Porcentaje de variación año anterior
2016	11,608,400	1.9
2015	11,394,663	2.4
2014	11,129,622	1.5
2013	10,965,632	0.8
2012	10,880,870	1.5
2011	10,724,288	0.4
2010	10,676,692	1.2
2009	10,549,037	-0.4
2008	10,589,481	2.4
2007	10,345,982	2.6
2006	10,088,550	2.2
2001	9,472,293	1.7
1995	7,398,598	1.1
1990	6,141,545	10.1

Fuente: SIAP: Boletín de Leche (julio-septiembre de 2017).

Al concluir noviembre de 2016, la elaboración de derivados y fermentos lácteos, como quesos, crema y yogurt alcanzó un volumen de 751,370 toneladas, con valor de 28 mil 830 millones de pesos. Por su parte, la industria de quesos produjo 342 mil toneladas con valor en el mercado de 15 mil 823 millones de pesos. Por su parte, la industria de quesos produjo 342 mil toneladas (SIAP, 2016).

El proceso industrial de la leche se realiza en poco más de 300 empresas formales (Coordinación General de Ganadería, SAGARPA, 2010), las cuales transforman la leche fluida en productos secundarios para darle valor agregado a su producto.

Además de la industria de escala existe un amplio sector de pequeña escala que elabora quesos tradicionales y los comercializa en mercados locales y regionales (Espinoza-Ortega, 2009). Cabe destacar que la producción de derivados lácteos en empresas de pequeña escala utilizó 42.3% de la producción nacional de leche. Según lo reportado por SAGARPA, 53% de dicha producción se concentra principalmente en estados del centro de México, siendo el Estado de México el que presentó la mayor participación, a pesar de ocupar el sexto lugar de producción de leche a nivel nacional (SIAP, www.siap.gob.mx).

El sector lechero mexicano ha abierto sus mercados al comercio exterior, sin embargo, la producción nacional está en desventaja con los países más desarrollados, como Estados Unidos, donde se utiliza alta tecnología y se proporcionan subsidios gubernamentales al sector agropecuario (Coordinación General de Ganadería, SAGARPA 2010).

Ganadería en Veracruz

Veracruz es uno de los estados del país con mayor diversidad de especies, de recursos humanos y naturales. Además, su heterogeneidad espacial y climática le permite la producción de gran variedad de productos alimenticios. Particularmente, la ganadería bovina es y ha sido una de las actividades productivas más dinámicas del estado.

Se considera que la ganadería incide sobre diversos aspectos: en el social al crear grupos de interés, en el cultural al seguir perpetuando los saberes de los pueblos con respecto al campo; en el económico al contar con uno de los mayores puertos del país; en el tecnológico y de manejo cuyas prácticas han modelado la ganadería bovina actual y, en el ambiental ya que la producción se basa en la alta disponibilidad de forraje favorecida por las temperaturas elevadas del trópico que prevalecen en las zonas tropicales (Villegas *et al*., 2001).

Veracruz cuenta con 6,869,026.68 hectáreas de superficie distribuidas en 890,207 terrenos registrados, 24% de los terrenos y 54% de su superficie presentan actividad ganadera. Esto se ratifica dado que Veracruz cuenta con una población de ganado que representa 11.8% de las cabezas que existen en México (Cuadro 5). La producción de carne se sustenta por la venta de becerros destetados y animales de desecho. La carne aporta 38.51% del valor de la producción pecuaria en el estado (SIAP, www.siap.gob.mx).

Cuadro 5. *Relación del número de terrenos y de la superficie total (en hectáreas) según la principal actividad productiva en Veracruz.*

Actividad	Número de terrenos	Porcentaje (%)	Superficie total (ha)	Porcentaje (%)	Promedio (ha)
Agricultura	559,017	63	2,243,325.52	33	4.01
Ganadería	213,587	24	3,686,327.78	54	17.26
Forestal	19,619	2	100,113.66	1	5.10
Otra	28,545	3	63,724.75	1	-
Sin actividad	69,439	8	775,534.98	11	-
Total	890,207	100	6,869,026.68	100	

Fuente: INEGI, 2016. Actualización del Marco Censal Agropecuario.

Los 12 municipios con mayor número de cabezas de bovinos son Las Choapas, Minatitlán, Jesús Carranza y San Juan Evangelista, en la zona sur. En la zona central destacan los municipios de Tierra Blanca, Playa Vicente, Tlalixcoyan y Juan Rodríguez Clara. En la zona norte, los inventarios mayores están en los municipios de Ozuluama, Pánuco, Tempoal y Tantoyuca (SIAP, www.siap.gob.mx).

En el estado, el ganado bovino ocupa 180,694 de los terrenos registrados y 88.8% de la superficie dedicada a la ganadería, el resto de la superficie corresponde a la actividad porcina, ovina, caprina, etc. (Cuadro 6). Sólo 8.37% de los terrenos veracruzanos pertenece a grandes productores y el resto a medianos y pequeños productores (INEGI, 2016; Cuadro 7).

Cuadro 6. *Número de terrenos y superficie dedicada a la actividad ganadera en Veracruz, según la especie principal.*

Principal especie	Terrenos con actividad ganadera	
	Número total	Superficie total (ha)
Veracruz	213,587	3,686,327.78
Bovinos	180,694	3,274,059.12
Porcinos	2,542	19,376.00
Ovinos	1,410	12,826.31
Caprinos	640	8,446.15
Colmenas	52	552.94
Aves de corral	6,482	67,145.96
Otras especies	21,690	303,698.54
Agostaderos sin aprovechamiento	77	222.77

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

Cuadro 7. *Relación del número de terrenos y superficie (ha) por tipo de productor y especie principal en Veracruz.*

Principal especie	Tipo de productor			
	Grandes productores		Pequeños y medianos productores	
	Número de terrenos	Superficie total (ha)	Número de terrenos	Superficie total (ha)
Veracruz	4,438	279,459.65	209,149	3,406,868.12
Bovinos	4,234	274,084.72	176,460	2,999,974.39
Porcinos	103	1,395.83	2,439	17,980.17
Ovinos	15	238.69	1,395	12,587.62
Caprinos	1	76.41	639	8,369.74
Colmenas	3	126.36	49	426.58
Aves de corral	71	3,081.20	6,411	64,064.76
Otras especies	7	331.01	21,683	303,367.52
Agostaderos sin aprovechamiento	4	125.43	73	97.34

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

En Veracruz existen diferentes tipos de manejo del ganado bovino (Cuadro 8), el más común es el libre pastoreo, principalmente de manera extensiva. De forma tradicional los becerros eran engordados bajo condiciones de pastoreo, sin embargo, debido a los cambios en el consumo de la población urbana se ha incentivado la finalización de los bovinos en corral.

Cuadro 8. *Sistemas de manejo ganadero en México y Veracruz, número de cabezas de bovino y porcentaje de la superficie ocupada por cada sistema (%).*

Procedencia		Nacional	Veracruz	Porcentaje que representa Veracruz
Sistemas de manejo	Libre pastoreo	14,043,726	2,208,708	15.70
	Pastoreo controlado	4,188,347	369,168	8.80
	En corral o establo	7,087,135	396,722	5.60
	En corral, establo y pastoreo	2,307,616	329,645	14.30
	No clasificados	788,513	51,659	6.60
	Número total de cabezas de ganado	28,415,337	3,355,902	11.80

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

De acuerdo con Román Ponce *et al.* (2012) el sistema de producción bovina más importante del estado es el de doble propósito (leche y becerros), donde los animales del hato tienen funciones y actividad zootécnica diferente (Cuadro 9).

Cuadro 9. *Función y actividad zootécnica de los animales del hato en sistemas de doble propósito, a nivel nacional y en el estado de Veracruz.*

Función y actividad zootécnica	Nacional	Veracruz
Vacas sólo para cría de becerros	8,055,424	480,139
En engorda	6,938,730	1,028,229
Vacas para la cría de becerros y ordeña	3,972,860	1,086,666
Vaquillas para reemplazo	3,766,824	360,334
Vacas sólo para producción de leche	2,664,938	119,417
Sementales	1,219,769	122,222
Reses para trabajo	213,178	16,193
Sin clasificar	1,583,615	142,702
Total	28,415,337	3,355,902

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

El 32% de las vacas en Veracruz son de doble propósito ya que son ordeñadas, a la vez que están amamantando sus becerros (INEGI, 2014). Este sistema provee con la mayor cantidad de los becerros que contribuyen a la producción de carne, con mínima o nula rentabilidad, debido a la baja productividad en las unidades de producción pecuaria (Rojo-Rubio *et al*., 2009).

La ganadería en Veracruz se desarrolla con animales de diferentes cruzas de razas cebuinas con europeas. La cruza dominante es la de cebú con suizo pardo. La alimentación está basada fundamentalmente en el pastoreo de diversas gramíneas y en menor escala de algunas leguminosas. El ordeño se realiza dominantemente de manera manual, con el apoyo del becerro para facilitar el descenso de la leche (Rojo-Rubio *et al*., 2009).

El estado de Veracruz ocupó el sexto lugar en producción de leche, en 2016, alcanzando 703,003 millones de litros en ese año (SIAP, 2017), los cuales se venden tanto para leche fluida como para sus derivados. La leche tiene básicamente tres destinos: consumo como leche bronca, elaboración de derivados lácteos y procesamiento en empresas agroindustriales. La comercialización consiste en el acopio y distribución de leche.

Debido a la producción estacional de los forrajes y a la carencia de cultura de conservación de estos, el comportamiento productivo de los hatos se ve drásticamente afectado durante la sequía y la temporada de invierno. Lo anterior se ha agudizado en los últimos años debido al cambio climático.

Ganadería sustentable

La sostenibilidad se refiere a la durabilidad de los sistemas de producción y a su capacidad para mantenerse en el tiempo. Depende de las características intrínsecas del sistema de producción, de la naturaleza e intensidad de las tensiones o choques a los que está sujeto y de los insumos humanos que pueden aportarse para contrarrestar esas tensiones y choques (Conway y Barbier, 1990, citado por León y Mora, 2012). El concepto de sustentabilidad, desde el punto de vista semántico, puede significar lo mismo que sostenibilidad (mantener o sostener en el tiempo), es una definición donde se hace explícito "el mantenimiento de los recursos naturales desde un enfoque técnico" (Foladori y Tommasino, 2000).

En las zonas de pastoreo se considera la sostenibilidad como la capacidad del ecosistema para suministrar productos pecuarios en volúmenes altos y estables en el tiempo, que sean al mismo tiempo económicamente rentables y que no produzcan efectos negativos en el ambiente, aunque a la vez deben conservar o mejorar los recursos naturales (Castro-Mogollón, 2013).

Altieri (1999) define la sustentabilidad de un sistema agropecuario como el modo en que el sistema intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante tecnologías ecológicas de manejo, concibiendo la base productiva como un ecosistema donde no se pretenda buscar rendimientos de un producto en particular, sino la optimización del sistema como un todo. Esto implica, según este autor, trascender la mirada económica y considerar la estabilidad y sustentabilidad ecológica sin dejar de generar los productos y servicios que contribuyan al bienestar social. En este concepto cobran importancia otros relacionados con el manejo tecnológico, el uso de los recursos naturales y la demanda humana en los sistemas agropecuarios.

El desarrollo sustentable implica la satisfacción de las necesidades de las sociedades presentes, sin poner en riesgo la de las generaciones futuras (PNUMA, 1987) y no sólo se tienen que asignar racional y eficientemente los recursos hacia fines alternos de utilización, sino que también se tiene que hacer sin degradar la base biofísica sobre la cual se erige todo el circuito económico. Por lo que el desarrollo sustentable implica la permanencia de diferentes estados estables en los sistemas productivos, donde el manejo no debe sobrepasar ciertos valores umbrales y el sistema debe conservar la resistencia (cuanto cambia el sistema ante una presión dada) y la resiliencia (capacidad para regresar al estado previo a la presión) del ecosistema (Nahed *et al*., 2014).

Suele decirse que un sistema ganadero sustentable tiene cinco características o atributos a considerar para valorar su sustentabilidad (modificado de Masera *et al*., 1999): Productividad, que es la habilidad del sistema de proveer el nivel requerido de satisfactores. Autonomía, que es la capacidad del sistema de regular su interacción con el exterior. Adaptabilidad, que es la posibilidad de encontrar nuevos equilibrios que mantengan la productividad ante cambios externos. Justicia, que es la habilidad del sistema para distribuir la productividad de manera justa. Estabilidad, que es la propiedad de mantener su productividad en el tiempo.

No obstante, hay otros criterios que también deben ser tomados en consideración al calificar un sistema ganadero como sustentable: Elasticidad, que es la capacidad de recuperar el equilibrio después de una alteración, por ejemplo, crisis del mercado. Autosuficiencia, cuando el sistema no depende de otros para restaurarse, sino que por sí mismo se puede regenerar. Aceptabilidad social, referida a la capacidad de las personas para elegir su propio camino, en este caso la transformación de su sistema actual para hacerlo más sustentable. Calidad de vida, entendido como la capacidad para cumplir las expectativas de las personas en el contexto de su cultura y del sistema de valores a los que tiene derecho (Nahed *et al.,* 2014).

El reto de hacer que la ganadería sea una actividad menos invasiva y que produzca menor cantidad de externalidades negativas o daños colaterales al ambiente, implica armonizar en los territorios, en la actividad productiva y en sus actores, la equidad, la distribución y la rentabilidad; con visión clara de productividad y valor agregado, que permita: proteger el suelo, el agua, conservar la biodiversidad, obtener mejores rendimientos/ha y por el trabajo realizado, así como aumentar la rentabilidad y remuneración justa de todos los involucrados en la ganadería, incluyendo los consumidores.

Esto también obliga a la sociedad a ser más conocedora y consciente de su salud y de la salud de su entorno, a demandar productos más sanos, que provengan de sistemas de producción sustentables, que no sobrepasen con sus prácticas los valores umbrales de adaptación; que minimicen su huella ecológica, es decir, que contaminen menos y utilicen los recursos naturales racionalmente; que observen el bienestar animal (o sea, que el ganado sea tratado bajo principios éticos durante su cría y al ser sacrificado); que promuevan la equidad en la distribución de la riqueza que generan, es decir, que la riqueza que se genere quede por igual en todos los eslabones de la cadena que se forma, desde los productores hasta los consumidores y que produzcan alimentos inocuos (que no afecten la salud del animal, del productor y del consumidor) con valor nutrimental acorde a su naturaleza.

En un sentido simple, al favorecer acciones como las descritas, la sociedad tiene la oportunidad de impulsar, acompañar y apoyar la transición hacia una ganadería sustentable, opuesta a aquella que se describe como extractiva, contaminante, poco equitativa y cuyos productos son de baja calidad nutrimental.

Relevancia del enfoque de cadenas y redes de valor para una ganadería sustentable

Una cadena productiva (en este caso la de carne o la de leche bovina y sus derivados) es un sistema constituido por actores interrelacionados y por una sucesión de operaciones de producción, transformación y comercialización de un producto, o grupo de productos, en un entorno (Van der Heyden y Camacho, 2006). Su objetivo es maximizar ingresos en el corto plazo y/o minimizar los costos sin importar consideraciones no económicas.

Una cadena agroalimentaria, es un conjunto de acciones y actores que intervienen y se relacionan técnica y económicamente, desde la actividad agrícola primaria hasta la oferta al consumidor final. Además, incorporan procesos de empaque, industrialización o transformación y de distribución como actividades principales, sumando otras de apoyo como la provisión de equipos, insumos, información relevante y de servicios, las cuales si bien no forman parte sustancial de la cadena, son clave porque facilitan su funcionamiento (Hernández y Herrera, 2014). Su objetivo es el mismo que el de una cadena productiva.

Las cadenas de valor por su parte, son una herramienta que permite realizar análisis de las cadenas agroalimentarias en relación con un producto específico y su agregación de valor a lo largo de los diferentes eslabones, desde su etapa de producción de materias primas, hasta el consumo del producto (Giuliani *et al*., 2005). Esta herramienta permite comprender cómo se organiza la producción entre varios actores y se concentra en los vínculos que permiten establecer las relaciones económicas, comerciales, técnico-productivas y organizativas entre productores de diferentes sectores que pueden estar en ámbitos locales o globales (Mitnik y Magnano, 2012). Su objetivo es agregar valor por productividad, calidad, trazabilidad y diferenciación, dentro de las cadenas agroalimentarias.

El valor se define como la estimación que hacen las personas de la capacidad de un bien o servicio para satisfacer sus necesidades y deseos. La trazabilidad se define como la serie de procedimientos que permiten seguir el proceso de evolución de un producto en cada una de sus etapas. La trazabilidad es importante para la seguridad alimentaria.

El enfoque de cadena de valor permite la definición y puesta en marcha de estrategias orientadas a mejorar la competitividad y a concertarlas entre los principales actores involucrados. Este enfoque centra la atención en averiguar qué es lo que el mercado está dispuesto a pagar por un producto y en determinar la mejor estrategia para satisfacer la demanda de ese producto, esto desde dos perspectivas: *a)* la interna, de la organización o empresa (cómo crea valor para el o los clientes; *b)* la de la organización de bienes y servicios entre varios actores (proveedores, productores, acopiadores, servicios de apoyo, etc.) presentes en ámbitos locales y globales, sus vínculos, interacciones y funciones para generar valor en cada eslabón de la cadena agroalimentaria (Muñoz y Santoyo, 2011).

Las cadenas agroalimentarias se establecen en territorios determinados y favorables para la producción, que toman como base los recursos disponibles del territorio y tienen diferentes articulaciones: territorio-actores-sistema de innovación-relaciones campo y ciudad.

Se articulan hacia atrás con los productores primarios y hacia adelante con los distintos canales de comercialización, favoreciendo así la creación de cadenas productivas y la generación de valor que se queda en las comunidades rurales (Espinosa Ayala *et al.,* 2013).

Las actividades en las cadenas agroalimentarias son influenciadas por las características del territorio donde se desarrollan, otorgándoles ventajas o desventajas de localización y distribución en función de factores territoriales, ubicación de mercados, red de transporte u otros elementos (Rodríguez-Licea *et al*., 2015).

De acuerdo con Muñoz y Santoyo (2010) la red de valor es una forma de organización de un sistema productivo especializado en una actividad en común, caracterizado por la concentración territorial de sus actores económicos y de otras instituciones, con desarrollo de vínculos de naturaleza económica y no económica que contribuyen a la creación de riqueza, tanto de sus miembros como de su territorio (Figura 4). Esta metodología permite, además, evaluar la interdependencia de los agentes, la integración, la negociación, fomenta la cooperación de los actores y promueve la cultura de ganar-ganar. Así, la ganadería tiene la oportunidad de impulsar el desarrollo regional y generar riqueza, mediante estrategias de comercialización que posicionen los productos en el mercado regional, nacional e internacional y generen beneficios a los integrantes de toda la red.

Unas de las críticas que se tiene a los trabajos con visión de cadena, impulsada por diferentes actores e instituciones, es que los beneficios se quedan con las mismas personas, en este caso los más cercanos al consumidor final. La queja fundamental de los actores que participan en los eslabones primarios es que sus niveles de rentabilidad son bajos ya que los precios que reciben son menores, comparados con los precios de venta final.

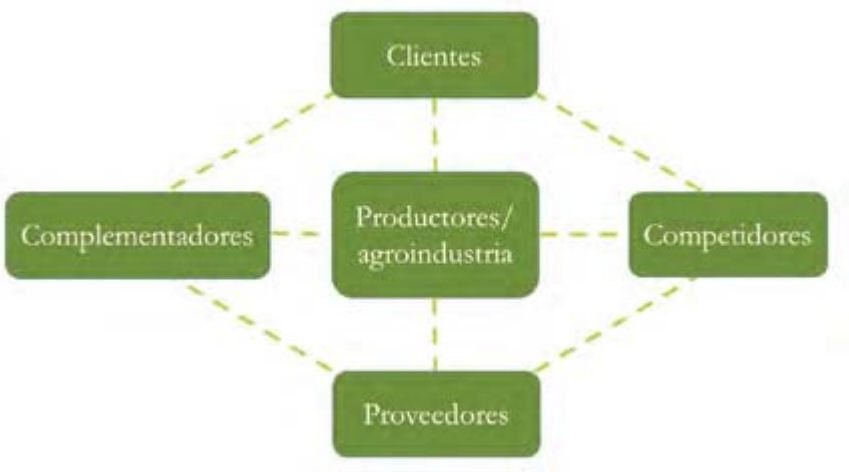

Figura 4. Esquema de una red de valor.

Esta percepción puede ser justificada si observamos que de todas las unidades de producción del país con actividad ganadera, 59.2% vende su producto a intermediarios y 39.3% al consumidor final, con todas las complicaciones de logística y costos que esto involucra.

Cuadro 10. *Porcentaje de unidades productivas pecuarias (UPP), a nivel nacional, con venta de la producción ganadera.*

Destinatario de la producción ganadera	(%)
Intermediario (coyote)	59.2
Directo al consumidor	39.3
Otro tipo de comprador	5.1
Rastro	4.2
Carnicerías	3.1
Central de abastos	0.6
Centro comercial o supermercado	0.5
Otro país	0.3
Sin comercialización de la producción	67.0

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

Cabe mencionar que esta situación no es causada por el enfoque de cadena, pero sí por la realidad del mercado existente, sobre todo por las condiciones y capacidades comerciales y de producción que tienen los medianos y pequeños productores, que por sus características, la mayoría de estos actores tienen las siguientes condiciones:

- Sus escalas de producción y su nivel tecnológico para mejorar rendimientos técnicos son bajos.
- La producción de algunos es estacional.
- Venden solos y con poca información de mercado.
- Desconocen su estructura de costos y por consiguiente sus costos de producción.
- Usan prácticas ganaderas con pocas bases técnicas, por lo que algunas veces desperdician insumos y trabajo.
- Los insumos que compran son caros ya que los adquieren en el último eslabón (aunque algunas asociaciones ayudan atenuando esta situación por la compra en escala).
- Alto riesgo en su actividad productiva.
- Poca posibilidad de acceder a financiamiento.
- Ciclo económico largo para recuperar inversión.

Para fundamentar los últimos aspectos, en el Cuadro 11 se muestra el nivel de ganaderos que acceden a crédito y cuáles son sus fuentes. En este sentido, sólo 12.6 % de las UPP tramitan algún crédito y de éstos solo 10.4% lo obtiene, aspecto que es desalentador ya que la mayoría de los créditos (84.5%) se dirigen a gasto corriente y a capital de trabajo, lo cual implica financiar la actividad en el corto plazo, en lugar de estar financiando activos que contribuyan a la sostenibilidad de las actividades agropecuarias.

Cuadro 11. *Unidades de producción pecuaria (UPP) con créditos o préstamos para actividades agropecuarias, a nivel nacional.*

Uso del crédito	(%)
Unidades de producción que tramitaron o les ofrecieron algún crédito o préstamo	12.60
Que obtuvieron crédito o préstamo	10.40
Destino del crédito	(%)
Compra de materiales o de materias primas	84.60
Pago de sueldos, salarios o jornales	37.00
Compra de maquinaria o equipo	6.30
Compra de animales de trabajo	0.90
Compra de ganado o pie de cría	4.30
Otro uso	9.00

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

A partir de las condiciones descritas acerca de la ganadería bovina en México y Veracruz, hay ciertas preguntas sobre las que hay que reflexionar:

- ¿Es factible hacer de la ganadería una actividad sustentable?
- ¿Es posible incorporar a la mayoría de los ganaderos en los procesos para convertir a la ganadería en una actividad más sustentable?
- ¿Qué se debe hacer para que los ganaderos vivan de su actividad productiva y conserven sus recursos y biodiversidad?

- ¿Puede ser compatible el cuidado de la biodiversidad y de los recursos del suelo y agua, con las ganancias y utilidades que requiere un ganadero para que su actividad se mantenga en el tiempo?

Dado que la localización espacial y las ventajas regionales de diferenciación tienen efecto sobre las relaciones horizontales y verticales, dentro de las cadenas de valor, se usó esta aproximación para convocar a diferentes actores del sector ganadero y discutir los problemas existentes en la ganadería, especialmente de Veracruz.

Del potrero al plato: una visión holística de la ganadería sustentable

Apoyándonos en el contexto antes descrito, sobre la ganadería en México y en Veracruz, en el marco del Foro de Ganadería Sustentable llevado a cabo en el Instituto de Ecología, A. C., en octubre de 2017, los autores de este capítulo organizamos una mesa de discusión entre diferentes actores relacionados con el sector ganadero de Veracruz y de otros estados; se contó con la participación de 75 personas: 54 hombres y 21 mujeres.

Los participantes fueron 37 ganaderos y agroempresarios, tres de ellos presidentes de asociaciones ganaderas locales de Veracruz y dos representantes de uniones ganaderas regionales (UGR Zona Centro y Zona Norte); 14 facilitadores, extensionistas y miembros de organizaciones no gubernamentales; 11 académicos de diferentes instituciones nacionales; cinco funcionarios públicos y tres autoridades gubernamentales, entre ellos el subsecretario de Ganadería y Pesca del estado de Veracruz. Finalmente, se contó con tres financiadores y dos proveedores. Los ganaderos representaron 49% del total de participantes.

Los objetivos generales de la mesa de discusión fueron: *a)* identificar los factores que promueven y restringen el intercambio, relaciones y desarrollo, entre los actores involucrados en las cadenas productivas relacionadas con la ganadería bovina, haciendo énfasis en el estado de Veracruz; *b)* identificar acciones de mejora del orden productivo, organizativo, financiero, ambiental, comercial, de planeación y político, con la participación de diferentes actores, predominantemente del sector ganadero veracruzano; *c)* manejar un enfoque regenerativo y sustentable.

Mediante dinámica de trabajo en equipo, los asistentes analizaron la situación actual de la ganadería, partiendo de tres preguntas generadoras básicas que propiciaron la discusión. Ésta se hizo con enfoque de cadena de valor y con la visión de transición de ganadería convencional hacia una ganadería regenerativa y sustentable.

Potencialidades y limitantes para transitar de una ganadería insostenible a una ganadería sustentable

Como resultado de la participación de los asistentes a la mesa, las potencialidades y limitantes que se identificaron para transitar hacia la ganadería sustentable, de manera muy general fueron:

Potencialidades:

- Tierras con vocación ganadera, ambiente propicio y gente dispuesta para la producción animal.
- Diversidad de productores con diferentes capacidades.
- Productos naturales, sanos y frescos.
- Espacios para el análisis y discusión del tema de la sustentabilidad.
- Más apertura de los ganaderos para cambiar sus prácticas de producción.
- Vocación de ganaderos entre los productores.
- Existe una Unión Ganadera que puede servir de base para mayor organización en la producción.
- Apertura y capacidad de alianzas y vínculos.
- Algunos productores han hecho cambios de actividades productivas como resultado de concientización.
- La calidad del ganado dinamiza un precio justo acorde con la calidad. La buena genética es un valor agregado de la producción.
- Estar cerca de las zonas de consumo final.
- Tendencia a mayor consumo de carne diferenciada (producida de formas más sanas).
- Que cada vez más consumidores buscan los productos verdes.
- Demanda de carne y leche en las poblaciones.
- Los aspectos comerciales en toda la ruta dinamizan la cadena y el flujo de productos.
- El consumo hace que el flujo de productos sea mayor, mientras más se consuma el producto la

demanda de un eslabón a otro será mayor y dinamizará toda la ruta de suministro.
- Existen apoyos y subsidios que pueden favorecer a los productores.
- Existencia de grupos de capacitadores en prácticas sustentables.
- Los propios productores pueden capacitar en mejores prácticas a los pequeños productores (mayor valor de uso y efecto demostrativo).
- Redes sociales.

Limitantes:

- Malas prácticas de producción y alta dependencia en los productos químicos.
- El suelo está muy dañado, hay que cuidarlo.
- El abandono de la tierra es generalizado.
- Escasez de mano de obra.
- Altos costos de producción.
- Mayor número de plagas y muchas que ahora ya son resistentes a las sustancias con las que se controlaban.
- Pequeños productores con propiedades menores a cinco hectáreas, requieren mejoras en sus sistemas productivos.
- Se transitó de una ganadería silvopastoril a otra estabulada, con prácticas poco saludables para el consumidor.
- Pocos productores altamente tecnificados generan valor, retienen valor y acceden a financiamientos.
- Falta de cooperación, no hay trabajos de grupo.
- A pesar de que hay una organización definida en las UGR, no se aprovecha para mejorar las condiciones generales de todos los ganaderos.
- Las UGR´s se han convertido en entidades políticas que benefician sobre todo a los líderes que están en ese momento.
- Baja motivación política de uniones y asociaciones ganaderas.
- No hay relevo generacional, hay pérdida de interés por continuar el trabajo en campo.
- Robo de ganado e inseguridad física e impunidad.
- No hay vías de comunicación seguras para transportar los productos.
- Poca diferencia entre el costo de producción y el precio de venta del producto, lo que da la percepción de que los costos son altos.
- El intermediarismo o coyotaje.
- El paternalismo.
- Los precios de los productos que ofrece el ganadero son los más bajos de la ruta de suministro, por lo mismo retiene muy poco valor del precio final del producto.
- Hay pocas estrategias para el mercado y abastecimiento de productos de calidad en el medio local y se privilegia más la producción para la venta hacia mercados externos.
- No hay protección al mercado interno.
- Comercialización desleal.
- Patrones de consumo tendenciosos: consumo parcial de carne (piezas selectas) y alto desperdicio.

- Variabilidad de los precios e ignorancia de la calidad de los productos.
- Costos comerciales altos, por infraestructura deficiente para sacar productos al mercado.
- Falta de normas reguladoras para los productos.
- Que la mayoría de los consumidores prefieren productos no sustentables, por ser más baratos.
- El consumidor quiere leche blanca y no amarilla y privilegia la blanca en su consumo.
- Que no hay valor agregado a los productos sustentables.
- Ya no hay recursos suficientes para incentivos a quienes producen de manera distinta a la convencional.
- Existe política pública que valora una sola estrategia de producción, que limita el cambio en la forma de producir cuando en realidad existe una alta heterogeneidad de estrategias de producción entre los ganaderos (las políticas deberían ser más incluyentes).
- No hay protección al mercado interno. Hay mayor apoyo a las transnacionales que a los productores locales.
- Influencia que se ejerce desde empresas que producen alimentos balanceados.
- Conflictos de intereses.
- Visiones a corto plazo.
- No hay cooperativismo.
- La relación de un eslabón a otro no es la adecuada y se tiene la percepción de que siempre salen ganando los compradores de los productos.
- La gente ignora la calidad que solicita un eslabón con relación al otro.
- No existe verdadera comunicación entre los actores de los diferentes eslabones, lo que les impide conocer las necesidades y problemas y entonces atenderlos de manera conjunta.
- La calidad de los productos no está de acuerdo con las condiciones que piden los clientes.
- La venta de producto se hace de manera individual, lo que hace más costoso el proceso e impide establecer economías de escala y cumplir con las condiciones de cantidad y temporalidad que tienen algunos clientes.
- La certificación de productos es escasa y lenta.
- Las personas trabajan por su cuenta y solo se juntan para hacer las asambleas en las asociaciones locales o uniones regionales, o para comprar insumos en la tienda a precio más barato.
- Los productores de carne en potreros se convirtieron en vendedores de ganado en pie de cría, de manera que los engordadores terminan con el proceso y generalmente ocupan alimentos procesados.
- Necesidad de capacitación.
- El financiamiento es caro y solo pueden acceder aquellos que tienen la capacidad para armar un expediente completo.
- Los subsidios están mal enfocados y esto hace que los ganaderos acepten incorporar cambios en sus procesos productivos, siempre y cuando haya apoyos externos.
- Los subsidios están mal distribuidos, siempre le llegan a la misma gente.
- Los instrumentos de financiamiento para los pequeños productores ganaderos son limitados.

- Sólo aquellos ganaderos con ciertas capacidades económicas y productivas pueden acceder a los financiamientos.
- El cambio climático afecta a la ganadería.
- Baja pertinencia en el conocimiento de las instituciones de investigación o en generadores de conocimiento.
- No hay vinculación con la academia de parte de los productores y viceversa.
- Los resultados de la investigación no son devueltos al productor.
- Los cursos son deficientes y mal enfocados en áreas agropecuarias de formación, como son las universidades.
- Los asesores agrícolas no están bien pagados y cuando se van el productor ya no sigue con el proceso del cambio.
- La pertinencia de la capacitación y asistencia técnica a los ganaderos es baja y se ofrecen cursos y asesorías que no solucionan los problemas a largo plazo.
- El sistema de extensionismo y asistencia técnica está más enfocado a la asesoría del rancho y a la unidad productiva, en lo individual, lo que la hace ineficiente y su cobertura es mínima ante las necesidades y la cantidad de ganaderos en la región.
- En muchas ocasiones la asistencia técnica se le da a la vaca y no al ganadero, por ello no se fomenta el desarrollo de capacidades de los ganaderos y sus trabajadores.
- Políticas públicas reglamentan una cabeza por hectárea.

Líneas iniciales de acción identificadas para impulsar la transición hacia una ganadería sustentable

Como resultado de la participación de los asistentes a la mesa, las potenciales líneas de acción que se identificaron para impulsar la transición hacia una ganadería sustentable fueron:

- Favorecer que las familias permanezcan en el campo (aceptabilidad, calidad de vida).
- Promover que los ganaderos puedan tener producción suficiente de insumos propios y eliminar la dependencia de recursos externos al rancho (autonomía, autosuficiencia).
- Mejorar los canales de comercialización, buscando que la utilidad sea equitativa para los actores de la cadena productiva (equidad, justicia).
- Generar diálogos e integración, donde el proceso de asociación y cooperación entre los actores se realice de abajo hacia arriba de la cadena.
- Fomentar procesos de formación y desarrollo de capacidades orientadas a los ganaderos y no a la vaca y a los ranchos, de manera que se den condiciones para una verdadera integración económica dentro de la cadena.
- Promover la capacitación y formación a los dueños de los ranchos, pero también a sus trabajadores ya que en muchos casos estos últimos son los que hacen el trabajo de incorporar las prácticas nuevas.
- Favorecer y apoyar procesos para que los productores se conviertan en actores que generen los mecanismos de cambio de manera autónoma. Actualmente se han generado grupos de discusión sobre ganadería, en medios electrónicos.

- Documentar casos de productores, organizaciones o grupos exitosos para posible adopción.
- Promover que se hagan ranchos-escuela para capacitar sobre ganadería sustentable.
- Utilizar las tecnologías de la información para llevarle datos frescos al consumidor y para diferenciar el producto, así como para promocionar los sistemas de producción que contribuyen a mantener un ambiente mejor.
- Educar para contar con consumidores y especialistas que conozcan a fondo el tema de la ganadería sustentable (desde la producción primaria, mercados, financiamiento y salud) y productores que produzcan alimentos sanos.
- Establecer espacios reales de discusión en las zonas ganaderas, donde se incluya la participación de todos los actores, para discutir lo que se debe hacer en beneficio de la actividad ganadera y volverla sustentable. Este diálogo debe ser incluyente, equitativo y con la búsqueda de objetivos comunes que traigan beneficios a mayor número de personas.
- Promover las alianzas o mecanismos de integración con el fin de atender colectivamente los problemas del sector ganadero.
- Generar programas y proyectos que permitan integrar a los productores con las instituciones de educación, investigación y financieras.
- Fortalecer los modelos de investigación participativa y buscar los mecanismos para acercar a las instituciones con los productores y viceversa.
- Desarrollar las capacidades en los actores de la cadena para que el acceso al manejo del financiamiento y administración de riesgos sea aprovechado por mayor número de ganaderos y actores.
- Conformación de grupos de trabajo, por regiones ganaderas del estado de Veracruz y por cuencas, donde se promueva el diálogo entre actores, en las uniones ganaderas regionales y asociaciones ganaderas locales y en todos los espacios.
- Que la divulgación de investigaciones se haga de manera pertinente, según el tipo de actor (tomadores de decisión, productores, gobierno, etc.).
- Que se realicen monitoreos eficientes y completos en las unidades productivas, que generen valor a los productos que se obtengan a lo largo de la cadena productiva.
- Favorecer condiciones para que los productos "verdes" tengan presencia en los grandes mercados nacionales.
- INECOL, SAGARPA, CONABIO, COLPOS, Chapingo y otras instituciones que quieran sumarse, deberían impulsar la certificación del ganado sustentable para avanzar en el mercado.

Conclusiones

El ejercicio realizado se considera una primera aproximación básica para el cumplimiento de los objetivos generales de la mesa de discusión. Se logró que los participantes no solo identificaran los aspectos que limitan o favorecen la transición hacia una ganadería sustentable, sino también se identificaron posibles acciones para lograrlo. El análisis de factibilidad de las propuestas, así como la definición de estrategias, necesariamente requiere de otros momentos de construcción y del trabajo conjunto con los actores locales para establecer accio-

nes concretas que permitan hacer realidad el escenario ideal plasmado en este primer ejercicio de planeación.

Agradecimientos

A las asociaciones ganaderas de Castillo de Teayo, Ozuluama, Papantla, Jilotepec, Xico, Ixhuacán de los Reyes y Palma Sola, así como a las uniones ganaderas de la zona centro y norte de Veracruz, a la Asociación Ganadera de Mascota, Jalisco y a la Ganadera Local de Soconusco; así como a todos los ganaderos independientes, por su interés y participación en la mesa de discusión "Del potrero al plato", celebrada el día 26 de octubre de 2017 en el INECOL, Xalapa.

A todas las instituciones, empresas y organizaciones que nos apoyaron con sus ideas y participación: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), Banco del Bajío, S. A., Centro de Desarrollo de Capacidades, JA y M (CEDECAP, JA y M); Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Nacional Autónoma de Chapingo (CRUO); Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz (COLPOS); Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (Inca Rural, A. C.), Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesca (SEDARPA), Del Colem al Mar, Ecoturismo La Mancha en Movimiento; Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable. Paisaje Biocultural; Estampa Verde, A. C.; Rancho Los Amigos; Ganadería de producción de carne y leche con búfalos de agua (SPRV); La Lechería, Zempoala, Veracruz; Ganadería Fremontino, Gente Sustentable, A. C., Asociación Mexicana para el Desarrollo de Grupos Vulnerables (GRUVUMEZ, A. C.), SAGARPA (sistema producto-especie-bovinos-leche); a la Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; a Grupo Nestlé ®, a ganadería La Luna, a Productores de Alimentos para las Zonas Rurales de México, S. A., al rancho La Excelencia, al rancho La Suprema Excelencia, Asociación de Cotaxtla; a Las Cañadas, a Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable (Sendas, A. C.), a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Querétaro y a todos los ganaderos independientes.

A Francisco Mendoza Fernández y a L.E. Karla M. González Rodríguez, por su apoyo logístico en la planeación y desarrollo del evento.

A Patricia Meneses y a Iván Azuara, por el apoyo en la facilitación del trabajo de equipos. A la ingeniero María Gabriela Velasco Melgarejo, al MVZ. Miguel Rodríguez Chessani y a la doctora Renée González Montagut, quienes apoyaron en la relatoría de los trabajos.

Referencias

Alonso, J. 2011. Silvopastoril systems and their contribution to the Environment. *Cuban Journal of Agricultural Science,* 45(2): 107-114.

Altieri, M. A.1999. Applying agroecology to enhance productivity of peasant farming systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability,* 1:197-217.

AMEG (**Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino**). 2012. *Carne de bovino. Indicadores económicos*. http://ameg.org.mx/

Barrera Bassols, N. y Rodríguez, H. 1993. *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. CIESAS/F. Ebert/Instituto de Ecología, A.C. 314 pp.

Castro-Mogollón, R. A. 2013. *Caracterización social, económica y ambiental de las producciones bovinas lecheras del municipio de Floresta (Boyacá)*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Especialización en Nutrición Animal Sostenible. 93 pp.

Conway, R. G. y Barbier, E. B. 1990. *After the green revolution: sustainable agriculture for development*, Earthscan Publications Ltd., Londres.

Coordinación General de Ganadería (SAGARPA). 2010. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. *Claridades Agropecuarias,* 207: 34-43.

Dávila-Moreno, M. E. N. 2013. Dos miradas de la ganadería: lo general y lo particular. Reflexiones sobre la producción y el consumo de carne. *Tecsistecatl*, 5(14). http://www.eumed.net/rev/tecsistecatl/n14/produccion-consumo-carne.html.

Espinoza-Ortega, A. 2009. *La competitividad del sistema agroalimentario localizado productor de quesos tradicionales.* Tesis doctoral en Ciencias Agropecuarias y Recursos

Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca, Estado de México. 188 pp.

Espinosa-Ayala, E., Arriaga-Jordán, C. M., Espinoza-Ortega, A. y Boucher, F. 2013. Generación de valor en un sistema agroalimentario localizado (SIAL) productor de quesos tradicionales en el centro de México. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata,* 112 (SIAL): 36-44.

FIRA, 2017. *Carne de bovino 2017*. Panorama agroalimentario. 26 pp.

FAO (**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación la Agricultura**). 2015. *Informe pecuario.* www.fao.org

_____. 2017a. *Informe pecuario.* www.fao.org

_____. 2017b. Políticas agroambientales en América Latina y el Caribe. ABC-FAO. Chile. 80 pp.

FAOSTAT. Atlas mundial de producción y sanidad pecuaria. http://www.fao.org/statistics/databases/es/.

Foladori, G. y Tommasino, H. 2000. El concepto de desarrollo sustentable 30 años después. *Cuadernos de Desarrollo y Medio Ambiente*, 4: 41-56.

Giuliani, E., Pietrobelli, C. y Rabellotti, R. 2005. Upgrading in global value chains: lessons from Latin American clusters. *World Development,* 33(4): 549-57.

Hernández Cuevas, C. A. 2011. *Análisis y evaluación de la unidad de producción lechera, rancho Xopanapan, del Municipio de Xico, Veracruz*. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Trabajo de Experiencia Recepcional. Xalapa, Ver. 56 pp.

Hernández J. y Herrera, D. 2014. Cadenas alimentarias. Políticas para la competitividad. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Comunica online. http://www.iica.int/Esp/prensa/Comuniica/Comuniica/2005/n3-esp/n3.aspx.

Huerta C., Cruz-Rosales, M., Escobar, F. y Arellano, L. 2016. ¿Qué se entiende por ganadería sustentable? Pp. 21-30. En: Huerta C., C. y Cruz R. M. (Comps.). *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz.* Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México.

INEGI (**Instituto Nacional de Estadística y Geografía**). 2017. Comunicado de prensa núm. 282/17 5 de julio de 2017. Ciudad de México: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2017/amca/amca2017_07.pdf

_____. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/

INEGI-SAGARPA. 2016. Actualización del Marco Censal Agropecuario 2016. http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/agro/amca/.

Ku Vera, J. C., Martínez González, J., C., Ramírez Cancino, L., Lee Rangel, H. A., Chay Canul, A. J., León Velasco, H. y Yong Ángel, G. 2017. *Reflexiones sobre el pasado, el presente y el futuro de la ganadería bovina en el trópico de México*. Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A. C. (AMPA). http://www.ampa.mx/documentos/, consultado el 15 de enero de 2018.

León, J. A. y Mora, J. D. 2012. Evaluación de la sustentabilidad de cafetales en Caldas, Colombia. *Agroforestería Neotropical,* 2, 12pp

Llanderal-Ocampo, T. 1993. *Los sistemas silvopastoriles*. SAGARPA-COLPOS. 8 pp.

Masera, O., Astier, M. y López-Ridaura, M. 1999. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales.* El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa. México.

Mitnik, F. (Coord.). 2011. *Políticas y programas de desarrollo de cadenas productivas, clusters y redes empresariales. Heterogeneidad de demandas. Diversidad de respuestas.* Fondo Multilateral de Inversiones, Banco Interamericano de Desarrollo, Agencia para el Desarrollo Económico de Córdoba. Editorial Copiar. 313 pp.

Muñoz, R. M. y Santoyo C., V. H. 2011. *La red de valor: herramienta de análisis para la toma de decisiones de política pública y estrategia agroempresarial.* Universidad Autónoma Chapingo. México. 14 p.

Nahed Toral, J., Palma García, J. M. y González García, E. 2014. La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3): 7-34.

ONU (**Organización de las Naciones Unidas**). 1987. *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. "Nuestro futuro común"*. PNUMA. Informe Bruntland. Alianza Editorial Madrid.

Palma, J. M. 2014. Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria,* 18(1), 53-62.

Palma G., B. E., Morales C., R. E., Colorado, R.G. y Conde C. 2007. Escenarios climáticos para el programa estatal de acción climática para el estado de Veracruz, México. En: *Seminario de avances del Programa Estatal de Acción Climática, Xalapa, Veracruz, México*, 19 de enero de 2007, 28 pp.

Pérez-Espejo, R. 2008. El lado oscuro de la ganadería. *Problemas del desarrollo*, 39(154): 217-227.

Pinheiro Machado, L. C. 2017. *Pastoreo Racional Voisin*. *Tecnologia agroecológica para el tercer milenio.* Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 253 pp.

Portal Lechero. 2017. http://portalechero.com/

Rebollar-Rebollar, S., Cardoso-Jiménez, D., Dorantes-Coronado, E. J. y Gutiérrez-Cedillo, J.G. 2009. Dual purpose cattle production in México. *Tropical Animal Health and Production,* 41: 715-721.

Rivera-Huerta, A., Güereca, L. P. y Rubio-Lozano, M. S. 2016. Environmental impact of beef production in Mexico through life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling,* 109: 44-53.

Rodríguez-Licea, G. y Morales Morales, M. 2015. Dinámica mundial de la producción y comercialización de la carne de bovino y su impacto en el mercado mexicano. *Economía Actual*, 8(1): 30-34.

Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J. F., Pérez-Hernández, P., Mendoza-Martínez, G. D., Zalem A., Z. M., Albarrán-Portillo, B., González-Reyna, A., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Cardoso-Jiménez, D., Dorantes-Coronado, E. J. y Gutiérrez-Cedillo, J. G. 2009. Dual purpose cattle production in México. *Tropical Animal Health and Production*, 41: 715-721.

Román Ponce, H., Patraca Fernández, A. y Aguilera Sosa, R. 2012. *Producción y comercialización de ganado y carne de bovino en el estado de Veracruz.* Comité Nacional del Sistema Bovinos-Carne. Veracruz. 37 pp.

SIAP (**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera**). 2015. Para consultas de estadísticas de producción de carne y leche a nivel nacional y estatal. https://www.siap.gob.mx

_____ . 2016. Panorama de la leche en México. http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Diciembre2016.pdf

_____ . 2017. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria?idiom=es.

Simopoulos, A. P. 1999. Evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the food supply. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids,* 60(5-6):421-429.

Van der Heyden, D. y Camacho, P. 2006. *Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas*. Mesa de Desarrollo Económico de la Plataforma RURALTER (Eds.). Lima, Perú. 122 pp.

Villafuerte, S. D., García, M. C. y Meza, S. 1997. *La cuestión ganadera y la deforestación. Viejos y nuevos problemas en el trópico y Chiapas*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 215 pp.

Villalba, J. J., Provenza, D. F., Gibson, N. y López-Ortiz S. 2014. Veterinary medicine: The value of plant secondary compounds and diversity in balancing consumers and ecological health. Pp. 165-190. En: William, B. C. y López-Ortiz, S. (Eds.), *Issues in agroecology: present status and future prospectus 3, sustainable food production includes human and environmental health*. Springer, Berlín, Alemania.

Villegas, D. G., Bolaños, A. y Olguín, L. 2001. *La ganadería en México*. México: Plaza y Valdés, UNAM.

El ordenamiento ecológico:
HERRAMIENTA PARA UNA GANADERÍA SUSTENTABLE

Rafael Villegas Patraca

A nivel mundial, el tema de la deforestación como resultado de las actividades humanas ha sido objeto de debate en los últimos treinta años, debido sobre todo a sus repercusiones en los ecosistemas naturales y aunado a los efectos del cambio climático (Sepúlveda e Ibrahim, 2009). En las zonas tropicales, particularmente de América Latina, la deforestación se acentuó en los años ochenta del siglo pasado, cuando se fomentaba la eliminación total de áreas boscosas para acelerar el proceso productivo-económico de las mismas (Kaimowitz, 1996; Guevara, 2007).

Las actividades más impactantes han sido la apertura de áreas nuevas para usos agrícolas y pecuarios, sobre todo para la producción de alimentos y el fomento y/o establecimiento de pastizales para la ganadería extensiva. A pesar de ello, la actividad ganadera, sobre todo la extensiva que depende del pastoreo, tiene lugar en zonas con escasa vocación pecuaria, lo que indudablemente resulta ser un factor que contribuye al fenómeno de la degradación ambiental (FAO, 2000; Sepúlveda e Ibrahim, 2009).

En este sentido, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de la superficie total nacional de terrenos rurales (190.3 millones de hectáreas en 2016), más de una tercera parte (64 millones de hectáreas) se destinó a actividades ganaderas, a lo que se suman siete millones destinadas a la producción de alimentos para ganado y forrajes (alfalfa, maíz, sorgo, avena, etc.), donde se sitúan cerca de 33.5 millones de cabezas de ganado bovino (Ruiz, 2017).

El caso de Veracruz es particularmente delicado ya que 54% de la superficie rural se destina a la ganadería –la tercera entidad en porcentaje, del total, después de Tabasco y Sonora– y tiene un hato ganadero bovino de 4.2 millones de cabezas, el mayor del país y que representa 12.5% del total nacional (Ruiz, 2017).

Lo anterior ha generado un agotamiento en los recursos naturales, con sus implicaciones, como lo menciona Acosta (2010): "los bajos niveles de productividad y competitividad, en la mayor parte de los sistemas ganaderos tropicales, se generan como consecuencia del agotamiento de los recursos naturales, que a su vez es exacerbado por el cambio climático". Es por esto que es necesario cambiar el manejo de la ganadería hacia sistemas más sostenibles que incluyan los

sistemas agroforestales pecuarios (entre ellos los sistemas silvopastoriles) y la generación de servicios ambientales (Calle *et al*., 2012).

Por lo tanto, en función de que en la nueva visión el desarrollo sustentable de una región implica una creciente conciencia ecológica y de responsabilidad colectiva, de respeto al medio ambiente (Boisier, 1992), el ordenamiento ecológico del territorio puede jugar un papel estratégico (Ramírez, 2015).

En este apartado nos enfocaremos al Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Capital de Xalapa (POERCX) y sobre cómo éste es una herramienta para el desarrollo de la ganadería sustentable en la región (SEDEMA 2018*a, b*).

Ordenamiento ecológico

En México, el ordenamiento ecológico jurídicamente se define como: un instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias del deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Medio Ambiente, Título Primero, Art. 3, fracción XXIII [DOF, 2018]).

Es un proceso y una estrategia de planificación; con él se pretende configurar, en el largo plazo, una organización del uso y ocupación del territorio acorde con las potencialidades y limitaciones del mismo, las expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos sectoriales de desarrollo (económico, social, cultural y ecológico). Se concreta en planes y/o programas que expresan el modelo territorial, a largo plazo, que la sociedad percibe como deseable y las estrategias mediante las cuales se actuará sobre la realidad para evolucionar hacia dicho modelo (Massiris, 2002).

Ganadería

La ganadería se entiende por el manejo de animales domesticables para su producción y aprovechamiento y, de acuerdo con el animal que se maneja, se clasifica principalmente en bovina (vacas, toros), ovina (ovejas), caprina (cabras), equina (caballos) y porcina (cerdos), pero también se incluye la avicultura (cultivo de aves) y apicultura (cultivo de abejas; Cruz y Huerta, 2013).

Ganadería sustentable

La ganadería sustentable surge debido al agotamiento de los recursos naturales y las condiciones en que se encuentran las áreas en las cuales se lleva a cabo la ganadería tradicional, entre otras consecuencias.

Por lo tanto, la ganadería debe verse como una actividad que se adapte a las condiciones de clima, paisaje, ecológicas, ambientales e incluso de las culturales que se lleven a cabo. Se debe integrar en un ecosistema de ganado-suelo-pastizal-paisaje-ambiente, que incluya a los animales, las condiciones del suelo, el manejo de pastos y la producción y utilización de hierbas y plantas que confluyan en un paisaje que mantenga los elementos de cobertura agroforestal y que eviten o aminoren los riesgos de erosión y aseguren condiciones de captación y retención de agua y humedad, disminuyendo en lo posible el uso de sustancias externas que perturben, modifiquen o anulen los ciclos naturales de elementos y materia (Cruz y Huerta, 2013).

En lo que se refiere a Xalapa y sus alrededores, es posible lograr lo anteriormente mencionado tomando como base el POERCX, ya que es un importante instrumento de planificación de la política pública.

Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Capital de Xalapa (POERCX)

El POERCX contempla 11 municipios: Acajete, Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata, Jilotepec, Naolinco, Rafael Lucio, Teocelo, Tlalnelhuayocan, Xalapa y Xico. Cumple con las etapas establecidas para su elaboración: agenda ambiental, caracterización, diagnóstico, pronóstico y propuesta, con lo cual fue posible identificar, en un principio, los problemas ambientales de la región y su jerarquización, de acuerdo con su importancia, según consenso con actores de los diferentes sectores (entidades académicas, organismos gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y productores).

Se identificaron, analizaron y entendieron algunos de los principales problemas, causas y consecuencias existentes en la región sujeta a ordenamiento, o referentes a la ordenación y mejora en el manejo del territorio.

También se obtuvo información sobre algunas interacciones sectoriales que ocasionan desequilibrios o afectaciones a los ecosistemas ya sea por efecto de asentamientos humanos, actividades económicas o por otras actividades humanas mal planeadas. Esto sirvió de punto de partida para llegar al documento final de la propuesta del programa de ordenamiento ecológico, compuesta del Modelo de Ordenamiento Ecológico (MOE) y de la Estrategia Ecológica (EE).

El MOE está compuesto por 155 unidades de gestión ambiental (UGA), las cuales tienen definidas políticas (preservación o protección, conservación, restauración y aprovechamiento sustentable), lineamientos ecológicos, usos compatibles preferentes, usos compatibles e incompatibles, así como la estrategia ecológica que se entiende como la parte operativa, propositiva y regulatoria ya que da la pauta para el cumplimiento de los lineamientos ecológicos y, por consiguiente, para el alcance del estado deseable del territorio a ordenar.

La estrategia ecológica está divida en tres partes: objetivos estratégicos generales y particulares, los mecanismos y los criterios de regulación ecológica.

En lo que a la ganadería se refiere, dentro de la etapa de caracterización fue posible identificar la ganadería-pastoreo, dentro de los principales usos del espacio de la región de estudio, el cual abarca aproximadamente 29 mil hectáreas de pastizales de un total de 131,300 hectáreas, es decir, 22% del territorio del POERCX, siendo los bovinos, los porcinos y las aves los que presentan la mayor producción en cría y explotación de animales.

En la etapa de diagnóstico se llevó a cabo el análisis de los peligros naturales del área de estudio del POERCX, también se analizó el deterioro y la degradación ambiental, el análisis de aptitud sectorial y, finalmente, se analizaron los conflictos ambientales, con lo cual se obtuvo como resultado, entre otros, las áreas de aprovechamiento de recursos dentro de las que se encuentra la ganadería.

Determinación del territorio con aptitud ganadera

La determinación de las áreas con aptitud ganadera se derivó de los análisis llevados a cabo en el diagnóstico, además de considerar los atributos listados en el cuadro 1.

Cuadro 1. *Atributos del modelo de aptitud para la ganadería.*

Atributo	Argumento
Coberturas de vegetación y uso de suelo (CVUS)	Los actuales pastizales son las tierras más aptas para el desarrollo de la ganadería, le siguen las tierras agrícolas y los espacios con vegetación secundaria.
Inclinación	Las zonas con pendientes fuertes resultan inaccesibles y poco aptas para actividades ganaderas, por las dificultades de la actividad y la pérdida de suelo por erosión.
Tipo de suelo	Seleccionar tipos y subtipos de suelo susceptibles a ganadería. Se consideran más aptos para ganadería los suelos de poca calidad.
Valles fluviales	Las heces del ganado y el pisoteo por las zonas riparias, disminuyen la calidad del agua y del área.
Espacios naturales protegidos	Se deben descartar sitios de ANP estatales y federales, Ramsar y APC, por su carácter legal de protección.
Vegetación con importancia ecológica mayor	No debe permitirse la remoción de vegetación primaria a fin de introducir pastizales. Estas áreas de alto valor ecológico tienen aptitud nula para ganadería.
Peligros	Áreas con probabilidad alta y muy alta, de peligros menores de inundación o de deslizamiento no son propicias para la ganadería. Por ende, se consideran con nula aptitud.
Áreas urbanas	No aplican

Se obtuvieron categorías con mayor aptitud para ganadería, en las cuales se encuentra el sureste de Emiliano Zapata, entre Villa Emiliano Zapata (Carrizal) y Rinconada; en el centro de Xico y en el oriente de Acajete, hasta Rafael Lucio; en Coatepec es muy escasa el área de aptitud alta (sólo el límite norte colindando con Perote). En categoría con rango de aptitud alta para ganadería se obtuvo que Emiliano Zapata y Naolinco, representan las zonas con potencial más alto. Para el caso del primer municipio, los sitios están ubicados hacia la zona centro-norte y en el segundo municipio se concentra su aptitud alta en el norte; las aptitudes medias se distribuyen a través de la región el POERCX, como se muestra en la figura 1.

Como parte final del proceso de elaboración del POERCX se obtuvo la Propuesta de Ordenamiento Ecológico del Territorio, la cual se encuentra conformada por el Modelo de Ordenamiento Ecológico (MOE) y la Estrategia Ecológica, como ya se mencionó. Un modelo de ganadería sustentable está presente en el docu-

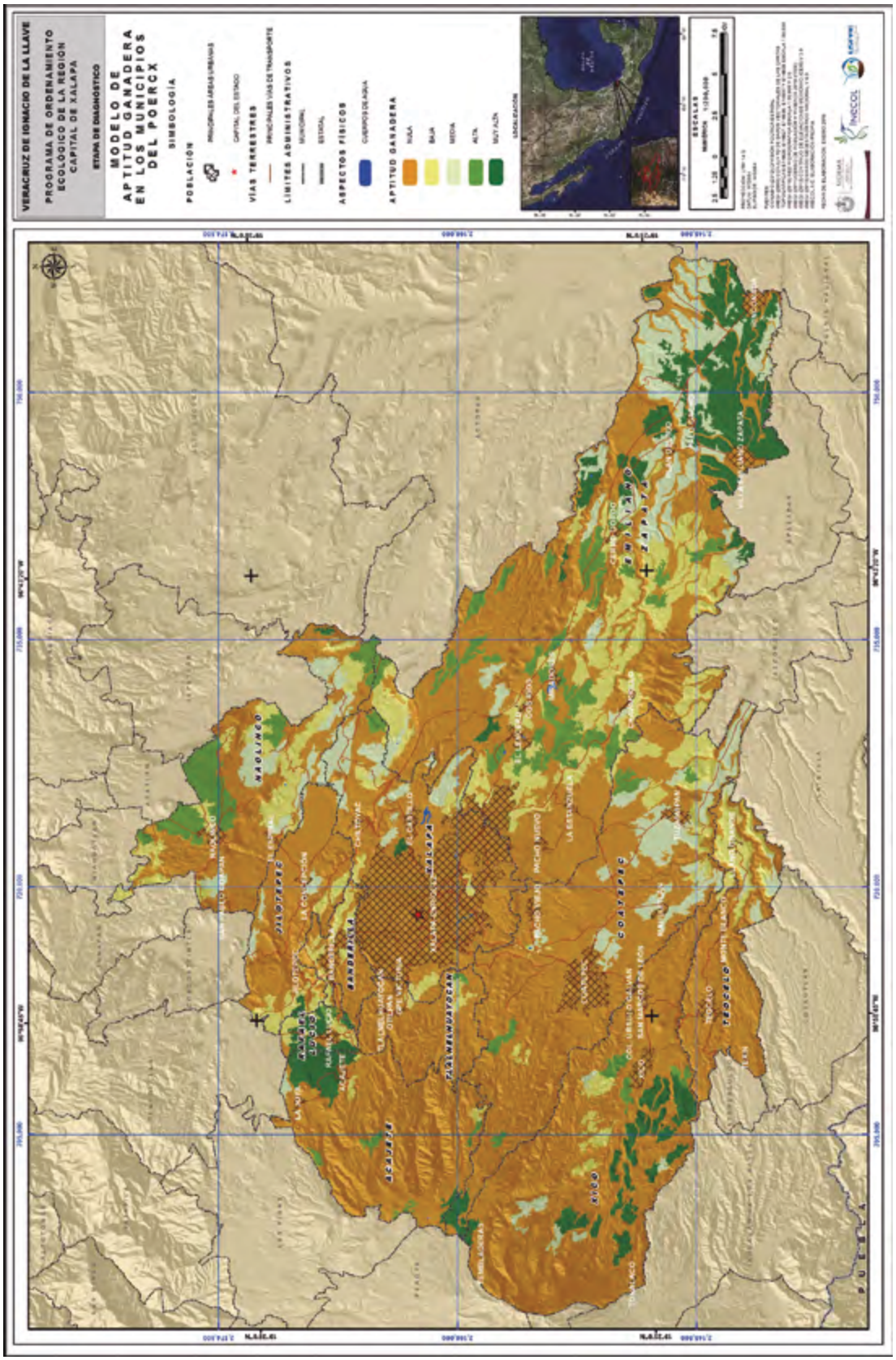

Figura 1. Modelo de aptitud para la ganadería.

mento final de la propuesta, lo cual se ve expresado a través de la política ecológica, la estrategia ecológica y los criterios de regulación ecológicos, los cuales son mecanismos de regulación y planificación que inducen al desarrollo de actividades productivas desde un enfoque de sustentabilidad.

En el contexto de la propuesta, la ganadería se encuentra inscrita dentro de la política ambiental de aprovechamiento sustentable, cuyo propósito describe: "…se asigna a aquellas áreas que, por sus características, son apropiadas para el uso y el manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente sobre el ambiente. Incluye las áreas con usos de suelo actual o potencial, siempre que éstas no sean contrarias o incompatibles con la aptitud del territorio".

La asignación de políticas a una UGA permite saber qué es lo que se requiere hacer para alcanzar la imagen objetivo, por lo que su asignación deriva del escenario estratégico de la etapa de pronóstico, en donde se explican las características de los territorios bajo determinada política. El complemento de la política es el lineamiento ecológico; en los cuadros 2 y 3 se observa lo antes descrito para el caso de la ganadería.

Cuadro 2. *Regulación derivada de las políticas de ordenamiento ecológico para la ganadería.*

Uso de suelo/ actividad	Política	Regulación/acción
Cría y explotación de animales	Restauración	Actividades de cría y explotación de animales que implementan esquemas productivos que permiten la recuperación de atributos ambientales, entre otros: los suelos y los cuerpos de agua –en términos de cantidad y calidad.
	Aprovechamiento sustentable	Actividades de cría y explotación de animales bajo los principios de sustentabilidad y mejores prácticas.

Cuadro 3. *Estrategia ambiental asociada a la ganadería.*

Líneas de acción	Visión
Aprovechamiento sustentable	En la UGA se realizan actividades económicas (producción y reproducción de animales y plantas, turismo, silvícolas u otras), bajo un esquema controlado y preferentemente certificado basado en un uso eficiente de los recursos y de los residuos generados.

Variedades de la actividad y criterios de regulación ecológica asociados a la ganadería

En la propuesta se asignan nueve usos de suelo/actividades (10 incluyendo la minería), dentro de los cuales se encuentra la cría y explotación de animales. Dado que un mismo uso de suelo puede impactar el territorio o los recursos naturales de formas variadas, se ha hecho una tipificación propia para el POERCX de las variantes de actividad (VA) de cada uso (cabe aclarar que no se trata de una clasificación intrínseca de las actividades).

La descripción de cría y explotación de animales, así como sus variantes; cría y explotación de animales (CEA); explotación, en cualquiera de sus fases (cría, reproducción, engorda y uso), de ganado bovino, porcino, ovino, caprino, équidos, animales con pelaje fino y de otros animales no clasificados en alguna parte, como perros, gatos, aves de ornato, venados y a la avicultura, acuacultura, cunicultura y apicultura. Se conciben cuatro variantes de actividad:

Cría y explotación de especies domésticas. Sistema de producción local de uso propio, con múltiples especies en espacios reducidos.

Cría y explotación de especies particulares. Sistema de producción y manejo de especies particulares, en UMA o fuera de éstas; incluye avicultura, apicultura, acuacultura, entre otras.

Ganadería intensiva. Producción de una sola especie criada en áreas delimitadas, con ambientes artificiales y con el uso de tecnología para un mayor rendimiento.

Ganadería extensiva. Sistema de producción en espacios extensos, con o sin tecnificación.

Algunos criterios de regulación ecológica asociados a la ganadería

- La cría y explotación de animales, desarrollada en zonas aledañas o limítrofes a las áreas naturales protegidas, áreas conservadas o dedicadas a la preservación, cuerpos de agua y humedales, deberá tender a esquemas de diversificación agroecológica y de rotación de áreas de pastoreo.

- Se promoverá la producción local de uso propio, como una medida que reduzca los riesgos de pérdidas por cambios en el ambiente y la posibilidad de que esta actividad disminuya las condiciones de marginación de la población, reduciendo a la vez los índices de contaminación y los costos de producción.

- Se promoverán criterios de manejo para estructuras de traspatio y pequeñas granjas.

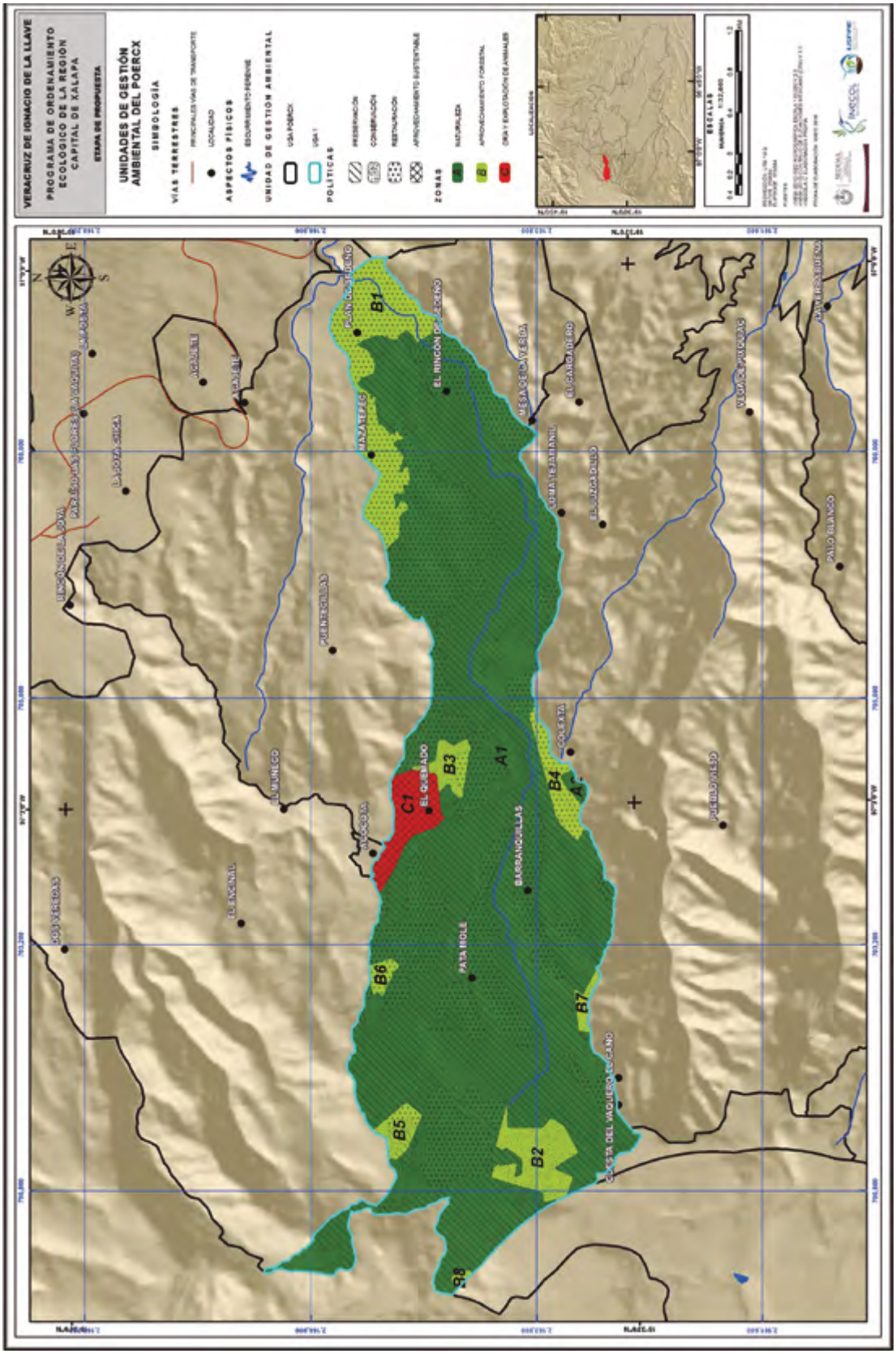

Figura 2. Ejemplo de una UGA *(mapa y descripción) con política apta para la ganadería.*

DIAGNÓSTICO DE LA UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL 1			
Superficie (ha): 1,673.47 (1.274%)	**Atención propuesta:** Muy alta	**Política general:** Preservación, restauración	
Otras políticas: C, AS	**UCP general:** Naturaleza		**Zonas:** A (N), B (ApF), C (CEA)
Criterio de delimitación: red hidrográfica, excluyendo el área de influencia establecida en el programa de manejo del Parque Nacional Cofre de Perote.			**Uso de suelo actual:** N, CEA, Ag
Tendencia: Forestación (media 4.27%); deforestación (baja 86.7%, media 6.17%, muy baja 2.01%)			
Visión: Las zonas dedicadas a la conservación o preservación se fortalecieron y consolidaron como tales, al ser promovidas para ser integradas como Áreas Naturales Protegidas, o con mecanismos como la certificación de tierras y el pago por servicios ambientales.			
Lineamiento ecológico: Preservar y recuperar las coberturas de los bosques mesófilo de montaña y de pino y pino-encino, para rehabilitar la cuenca en los próximos 20 años. Se mantienen 1,474 ha de naturaleza en la zona A; en la zona B se mantienen 211 ha con aprovechamiento forestal; en la zona C se mantienen 52 ha con cría y explotación de animales. El área privada para la conservación (APC) El Capulín Monte de Pino I (ubicada en el polígono B1) se consolida en sus iniciativas para la conservación del ambiente.			
OEG: Mantener y mejorar la cobertura actual de selvas y bosques y los recursos hídricos (superficiales y del subsuelo), a través del fomento de corredores biológicos entre ANP u otras modalidades de conservación, mediante acciones de preservación, restauración, reforestación y creación de UMA.			

CATEGORÍAS REGULATORIAS DE LOS USOS DE SUELO Y ESTRATEGIA ECOLÓGICA DE LA UGA 1					
ZONA	USO COMPATIBLE PREFERENTE	USOS COMPATIBLES	USOS INCOMPATIBLES	OEP	MECANISMOS
A: A1-A2 (1,426.41 ha)	Naturaleza	ApF, T	Ag, CEA, Id, U, Af	A	Me41 / Me61 / Me 64 / Me70 / Me71 / Me76
	CRE-N1	***CRE-ApF2; CRE-T2***	*No aplica*		
B: B1-B8 (209.85 ha)	Aprovechamiento forestal	T, N	Ag, CEA, U, Id, Af		Me 31 - Me 34 / Me36 - Me41 / Me51 - Me53 / Me60 - Me62 / Me64 / Me70
	CRE-ApF3	***CRE-T2; CRE-N1***	*No aplica*		
C: C1 (37.25 ha)	Cría y explotación de animales	N, T, ApF, Ag	Id, U, Af		Me2 - Me21 / Me23 - Me29 / Me56 / Me64 / Me70 / Me71 / Me76
	CRE-CEA3	***CRE-N1; CRE-T4; CRE-ApF3; CRE-Ag2***	*No aplica*		

- En aquellos sitios donde exista una combinación de áreas de pastoreo y vegetación natural, incorporar ganadería diversificada.

- Se recomienda la captación de agua de lluvia.

- Se deberá vigilar y educar para que los residuos de los animales domésticos sean tratados de manera adecuada y preferentemente para la elaboración de composta.

- Las actividades de cría y explotación de especies específicas, en su modalidad de traspatio, deberán estar acompañadas de un monitoreo constante, para evitar riesgos por zoonosis.

- No habrá cría y explotación de animales en la ribera o zona federal de cualquier corriente o cuerpo de agua superficial (en términos de la Ley de Aguas Nacionales); ni a menos de 10 metros adicionales a ésta. En esta franja de ribera o zona federal y su zona adicional, se fomentará la protección o restablecimiento de ecosistemas ribereños (vegetación de galería).

Todo lo mencionado se encuentra plasmado en una ficha correspondiente a cada UGA (Figura 2):

La interpretación del ejemplo mostrado en esa figura es:

En la ficha (mapa y descripción) se pueden apreciar varios datos, de los que destaca la política general, otras políticas, los usos de suelo compatible preferente y actual y las zonas. Bajo este esquema se identifica que es una UGA que se localiza en la parte noroeste del POERCX (parte alta), en un área con bosque mesófilo de montaña y de pino-encino, además de ganadería y agricultura.

Según las zonas (aptitud territorial), el área debería estar dedicada en su mayoría a uso de suelo naturaleza, aprovechamiento forestal y cría y explotación de animales.

Si consideramos la visión, los lineamientos ecológicos y los objetivos estratégicos propuestos para esta UGA; se entiende que la preocupación está en mantener las áreas conservadas. Sin embargo, actualmente hay dos actividades productivas, entre ellas la ganadería, entonces, ¿cómo hacer que la ganadería conviva con la conservación del bosque y que no deje de ser atractiva y productiva?

A través de la política, la cual indica la forma en cómo se debe manejar el uso de suelo. En este caso se indica que la política para la zona destinada a la ganadería es de aprovechamiento sustentable.

Para que funcione la política de aprovechamiento sustentable en ganadería se proponen criterios de regulación ecológica (CRE), que para el caso de la UGA que aquí se explica, aplican los CRE en su variante de actividad 3 (VA3).

Se identifican los mecanismos (programas públicos, privados y de la sociedad civil) que coadyuven al cumplimiento del objetivo propuesto.

Siguiendo este documento, con todo lo explicado antes, estaremos asegurando que se lleve a cabo una ganadería sustentable.

Conclusiones

De lo expuesto se puede destacar la relevancia que tiene el ordenamiento ecológico como instrumento de política pública que ayuda a planear, de manera óptima, el área de estudio, considerando la vocación de la tierra, tomando en cuenta las expectativas de los diversos sectores de la población, así como considerando los objetivos de desarrollo desde el punto de vista económico, social y ecológico. Específicamente hablando del POERCX y de la ganadería sustentable se puede concluir que éste sirve de herramienta, en primera instancia, para determinar cuáles zonas de la región son aptas para llevar a cabo la actividad de ganadería, considerando los atributos (variables) mencionados en el cuadro 1 y en segundo lugar, a través de la política general definir la actividad/uso de suelo con sus respectivas variantes y con los criterios de regulación ecológica que permitan la implementación de los mecanismos (programas o políticas públicas vigentes) que coadyuven al objetivo de las metas propuestas, permitiendo conducir dicha actividad hacia una ganadería sustentable.

Referencias

Acosta, A. 2010. Cambio climático y desarrollo pecuario: desafíos institucionales para el desarrollo sostenible de sistemas silvopastoriles en centroamérica. En: Ibrahim, M., Murgueitio, E. (Eds.). *VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible*, Panamá. CATIE: Turrialba, Costa Rica. 160 pp. Serie técnica núm. 15.

Boisier, S. 1992. *La descentralización: el eslabón perdido de la cadena de transformación productiva con equidad y sustentabilidad*. ILPES, Cuaderno núm. 36, Santiago de Chile.

Calle, Z., Murgueitio, E. y Chará, J. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva* 239, 63(1):31-40.

Cruz R., M. y Huerta C., 2013. *Hacia una ganadería sustentable. Estudio de caso: Jilotepec, Veracruz.* Instituto de Ecología, A. C. 86 pp.

DOF (**Diario Oficial de la Federación**). 2018. *Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente*. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, D. F., última reforma DOF 19-01-2018. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_190118.pdf.

FAO. 2000. Organic agriculture at FAO. http://www.fao.org/organicag, consultado el 11 de julio de 2017.

Guevara, H. F. 2007. ¿Y después qué? *Action-research and ethnography on governance, actors and development in southern Mexico*. Tech. Agrarian Development Group. Department of Social Sci. Wageningen University and Research Centre. Wageningen. The Netherlands. 223 pp.

Kaimowitz, D. 1996. *Livestock and deforestation, Central America in the 1980s and 1990s: a policy perspective,* CIFOR. Yakarta, Indonesia. 88 pp.

Massiris, A. 2002. Ordenación del territorio en América Latina. *Scripta Nova*. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales,* 6(125), Universidad de Barcelona, España.

Ramírez, A. G., Cruz, A., Morales, N. y Moterroso, A. I. 2015. El ordenamiento ecológico territorial, instrumento de política ambiental para la planeación del desarrollo local. *Estudios sociales*, 26(48): 71-99.

Ruiz, F. M. 2017. Ganadería sustentable, el tiempo y los recursos se agotan. *El Financiero*. http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/ganaderia-sustentable-el-tiempo-y-los-recursos-se-agotan.html.

SEDEMA (**Secretaría de Medio Ambiente**). 2018*a*. Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Capital de Xalapa. Gaceta Oficial del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Tomo CXCVII. Núm. Ext. 170. 27 de abril de 2018. http://www.editoraveracruz.gob.mx/gacetas/index_.php.

_____ . 2018*b*. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Capital de Xalapa. Consulta del documento del POERCX. http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/ordenxalapa/

Sepúlveda, L. C. e Ibrahim, M. 2009. *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central.* Serie técnica. Informe técnico núm. 377. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

Ganadería extensiva:
DESPARASITANTES Y AGROQUÍMICOS SOBRE LA FAUNA DEL SUELO

Carmen Huerta Crespo, Magdalena Cruz Rosales, Lucrecia Arellano, Imelda Martínez Morales

A partir de la revolución verde, en México y en el mundo se han implementado una serie de actividades ligadas a la agricultura y a la ganadería que han traído como consecuencia el deterioro del medio ambiente, debido a la pérdida de la vegetación original y a la implementación de monocultivos de pastos forrajeros (FAO, 2006). Las prácticas de manejo del ganado y de los potreros, en especial por la aplicación intensa, frecuente y sostenida de diversos agroquímicos, como insecticidas, herbicidas, vermicidas y fertilizantes, han causado la contaminación de suelo y agua, así como daños a la fauna edáfica (Pimentel y Edwards, 1982; Pimentel, 2006).

En el caso del estado de Veracruz, la pérdida de la vegetación original de las selvas y bosque mesófilo de montaña, para el establecimiento de potreros ganaderos, ha sido considerable (Barrera Bassols, 1992; Williams-Linera *et al*., 2002; Guevara *et al*., 2006). Pero también el continuo uso de vermicidas y herbicidas ha impactado negativamente a la macrofauna del suelo, en especial a los escarabajos del estiércol (Martínez *et al*., 2000; Huerta *et al*., 2013; Martínez, 2016; Martínez *et al*., 2017). Con base en observaciones de los productores ganaderos (com. pers.) y por estudios de campo, se ha comprobado una mayor acumulación de estiércol en los potreros, lo que puede estar relacionado con la falta de estos insectos coprófagos reintegradores de esta materia orgánica (Martínez *et al*, 2000; Cruz y Huerta, 2013; Huerta y Cruz, 2016; Martínez *et al*., 2017).

La acumulación de estiércol trae consigo pérdida de pasto (Bosker *et al*., 2002) y emisión de gases de efecto invernadero (Jarvis *et al*., 1995; González-Ávalos y Ruiz-Suárez, 2007), sin embargo, esta materia orgánica es rica en nutrientes y sirve de alimento y sitio de desarrollo de organismos coprófagos (Stevenson y Dindal, 1987), como son las diversas especies de moscas y la mayoría de las especies de escarabajos del estiércol, pero además en torno a él se reúnen otros organismos, constituyéndose una cadena trófica donde los diferentes eslabones cumplen varias funciones (Huerta *et al*., 2013; Arellano *et al.,* 2014).

Figura 1. Principales servicios ambientales que prestan los escarabajos estercoleros al alimentarse con estiércol.

Los escarabajos estercoleros y su función

La mayoría de las especies de los llamados escarabajos estercoleros se alimentan de los desechos o excretas de vertebrados. En los potreros ganaderos los adultos de estos insectos aprovechan el estiércol, tanto para su alimentación como para la de sus crías. Con esta actividad contribuyen al reciclaje de esta materia orgánica, prestando una serie de servicios ambientales (Figura 1; Nichols *et al*., 2008; Manning *et al*., 2016).

Uno de los beneficios más importantes que realizan los escarabajos estercoleros es la remoción del suelo, proceso conocido como bioturbación, lo que permite mayor aireación y permeabilidad (Figura 2; Bang *et al*., 2005; Brown *et al*., 2010). Durante la excavación de las galerías para elaborar sus nidos, los escarabajos empacan el estiércol que alimentará a sus crías y con esta actividad remueven la tierra, cuya cantidad varía de acuerdo con el tamaño y tipo de comportamiento reproductor de cada especie (Owen *et al*., 2006; Yamada *et al*., 2007; Amézquita y Favila, 2010; Nervo *et al*., 2014; Ortega-Martínez *et al*., 2014; Tixier *et al*., 2015).

Respecto a la remoción de estiércol, se ha encontrado en pastizales del estado de Veracruz (Figura 3), que los individuos de las especies grandes (± 20 mm de largo), son capaces de remover hasta 100 g de excretas en 24 horas, mientras que especies de tamaño mediano (14-17 mm de largo) pueden reincorporar entre 45 y 70 g. Por su parte, los de talla pequeña (7-13 mm) reincorporan entre 10 y 20 g. (ob. pers. C. Huerta, L. Arellano y M. Cruz, datos no publicados).

Figura 2. Al enterrar el estiércol los escarabajos estercoleros elaboran galerías subterráneas y remueven el suelo, lo que ayuda a mejorar su fertilidad y permeabilidad.

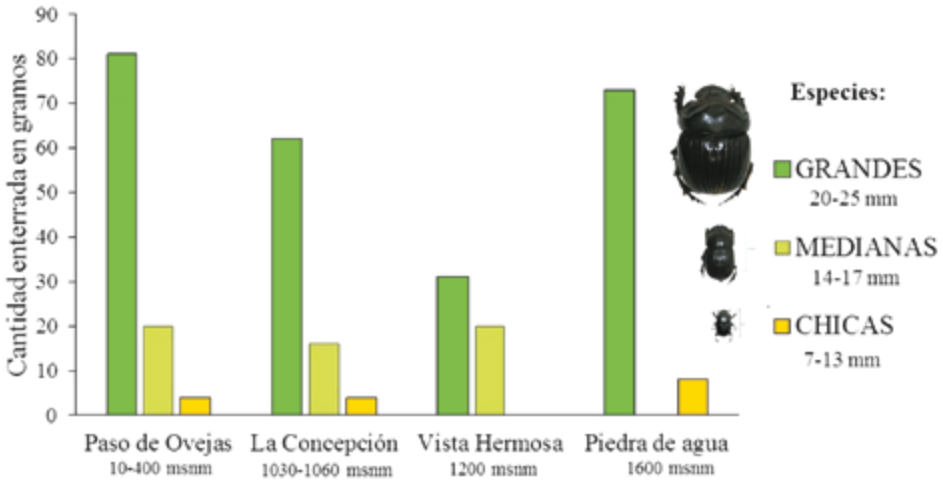

Figura 3. Cantidad de estiércol removido, por individuos de escarabajos estercoleros, según su tamaño corporal, en cuatro localidades de Veracruz.

Prácticas comunes para aumentar la productividad en la ganadería extensiva convencional

Una de las prácticas que más afectan a la fauna del suelo y concretamente a los escarabajos estercoleros, es el uso de agroquímicos. Si bien es cierto que algunos de estos productos son necesarios para la salud del ganado, como son las vacunas, antibióticos y antiparasitarios, su uso tiene que efectuarse bajo estricto control médico, sobre todo en el caso de estos dos últimos ya que después de ser aplicados al animal se excretan principalmente en el estiércol, desde donde pueden afectar el desarrollo y flora microbiana de larvas y adultos de los escarabajos coprófagos (Floate *et al*., 2005; Hammer *et al*., 2016; González-Tokman *et al*., 2017*b*).

Las sustancias más dañinas para el medio ambiente y para la salud humana, utilizadas frecuentemente en la ganadería extensiva convencional son los herbicidas, con los que se combate el crecimiento de las "hierbas indeseables en los potreros". En el estado de Veracruz, los que se utilizan con mayor frecuencia contienen glifosato o 2,4D, que son sustancias ecotóxicas y afectan gravemente la salud humana (González-Tokman *et al*., 2017*a*; Martínez *et al*., 2017).

Los desparasitantes se usan para el control de garrapatas, nemátodos intestinales, moscas y otros parásitos que afectan al ganado. Los más usados contienen lactonas macrocíclicas, como es el caso de la ivermectina, cuya toxicidad afecta concretamente a los escarabajos estercoleros y de manera significativa el desarrollo de las crías, por lo que emergen menos adultos y disminuyen sus poblaciones (Cuadro 1; Lumaret *et al*., 2012; Cruz-Rosales *et al*., 2012; González-Tokman *et al*., 2017*b*; Martínez *et al*., 2017).

En el estado de Veracruz, desde el año 2000 hasta la fecha, se han realizado estudios de campo para conocer el posible efecto de los agroquímicos en las poblaciones de los escarabajos estercoleros. Así, los primeros resultados publicados por Martínez *et al.* (2000, 2001), mostraron una clara disminución de las especies estudiadas en uno de los ranchos vecinos del municipio de Actopan, cuyo efecto fue mucho más evidente sobre dos de las especies encontradas (Figura 4*a*), ya que coincidió con la emergencia de la nueva generación y la aplicación del herbicida y los desparasitantes del ganado en uno de los ranchos, las otras dos especies también fueron afectadas (Figura 4*b*).

Otro ejemplo del impacto de las prácticas ganaderas sobre los escarabajos, a lo largo del tiempo, es lo encontrado por Martínez (2016), en dos ranchos en diferentes localidades del municipio de Xico, Veracruz. En ese caso, se observó una clara disminución tanto en el número de especies como en el número de individuos de cada especie. En esos ranchos se han usado agroquímicos

Cuadro 1. *Propiedades toxicológicas de la ivermectina y efectos sobre el comportamiento y reproducción de escarabajos.*

Propiedades toxicológicas de la ivermectina	Efectos sobre los escarabajos
Son poco solubles en agua, tienen fuerte afinidad por el suelo y la materia orgánica.	La mortalidad de los adultos es baja.
Se elimina hasta en un 80% sin modificar su estructura química.	Las hembras dejan de ovipositar.
Toxicidad marcada en los organismos terrestres adultos; más marcadas en larvas.	Se detiene la vitelogénesis.
Toxicidad muy marcada en organismos acuáticos.	Se produce una reabsorción de los ovocitos.
Subsiste por meses en el estiércol y en el suelo de pastizales.	Disminuye la fecundidad.
	Mortalidad alta en los estadios en desarrollo.
	Menor número de adultos emergidos.
	Se reduce la población.

Fuente: Lumaret *et al.,* 2012; Cruz-Rosales *et al.,* 2012

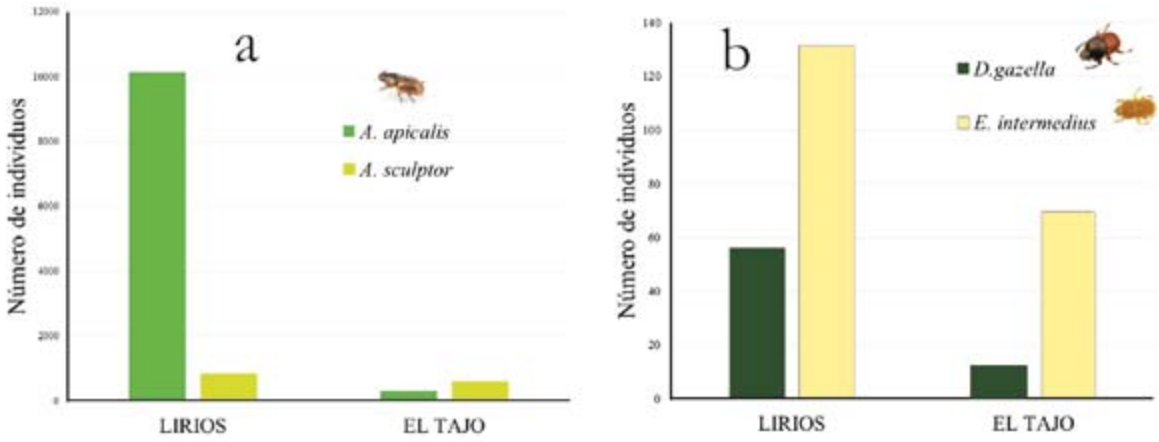

Figura 4. Comparación del número de individuos colectados en un año, de cuatro especies de escarabajos estercoleros: a) A. apicalis, A. sculptor, b) D. gazella y E. intermedius, encontrados en boñigas de dos ranchos cercanos de Actopan, Veracruz, con diferente manejo del pastizal y ganado. En El Tajo se aplicaban herbicidas, desparasitantes y se quemaba el pastizal, en Lirios no se hacían estas prácticas (Martínez et al., 2000, 2001).

durante varios años, aunque se dejó de usar ivermectina debido a las restricciones de la empresa a la cual los productores le venden la leche. Lo anterior ha permitido que al menos persistan algunas de las especies encargadas de reciclar el estiércol, que es depositado por el ganado en los potreros de ese municipio (Cuadro 2).

Recientemente, en un estudio realizado a lo largo de varios años, en un rancho localizado en Palma Sola, municipio de Alto Lucero (Cuadro 3), se encontró que las poblaciones de algunas especies de escarabajos estercoleros disminuyeron, es probable debido al uso de agroquímicos aplicados desde los años ochenta y que aparentemente están ahora en recuperación (Martínez *et al.,* 2017).

Cuadro 2. *Diversidad de especies de escarabajos estercoleros encontradas en dos localidades del municipio de Xico, durante 2005 y 2015.*

Año	Especies	Cocoxatla	Pextlan
2005	*Onthophagus incensus*	•	•
	Onthophagus batesi	•	
	Dichotolius colonicus	•	•
	Copris incertus	•	•
	Scatimus ovatus	•	
2015	*Onthophagus incensus*	•	•
	Scatimus ovatus	•	•

Fuente: Martínez, 2016.

Cuadro 3. *Cambios en la diversidad de especies de escarabajos estercoleros presentes en la zona de Palma Sola, Veracruz, en tres periodos de estudio.*

Especies	1972-1973	1990-1991	2014
Onthophagus landolti	•	•	•
O. hopfneri	•	•	•
O. batesi	•		
O. corrosus			•
*Digitonthophagus gazela**		•	•
*Euoniticellus intermedius**			•
Dichotomius colonicus	•	•	•
D. amplicolis	•	•	
Ontherus mexicanus			•
Copris lugubris	•	•	
C. incertus	•		•
Phanaeus tridens	•	•	•
P. scutifer	•	•	
Deltochilim scabriusculum			•
Canthon indigaceus	•		•
Sisyphus mexicanus	•		
Eurysternus mexicanus	•		
Riqueza de especies	12	7	11

* especies exóticas. Fuente: Martínez *et al.,* 2017

Es preocupante esta pérdida en la riqueza de especies y en el número de individuos de algunas de las especies, que se observaban anteriormente en diferentes localidades del centro del estado de Veracruz, región que, en los últimos cinco años ha sido bien estudiada. Por lo anterior, buscando alternativas similares a las que ya se están llevando a cabo en otros países, pero también en otros estados de nuestro país, se propone para la zona centro y para todo el estado de Veracruz, fomentar el cambio de una ganadería extensiva convencional, que consume muchos insumos químicos, a una ganadería más amigable con el medio ambiente, en la que los insumos agroquímicos no sean usados, o sean usados solo cuando se necesiten.

Uno de los sistemas recomendados es el Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV), que es un sistema de pastoreo intensivo que maximiza la producción de carne y leche mediante un aprovechamiento racional y sostenible de las pasturas, basado en cuatro leyes propuestas por su creador, el fisiólogo André Voisin, en 1963 (Pinheiro, 2016):

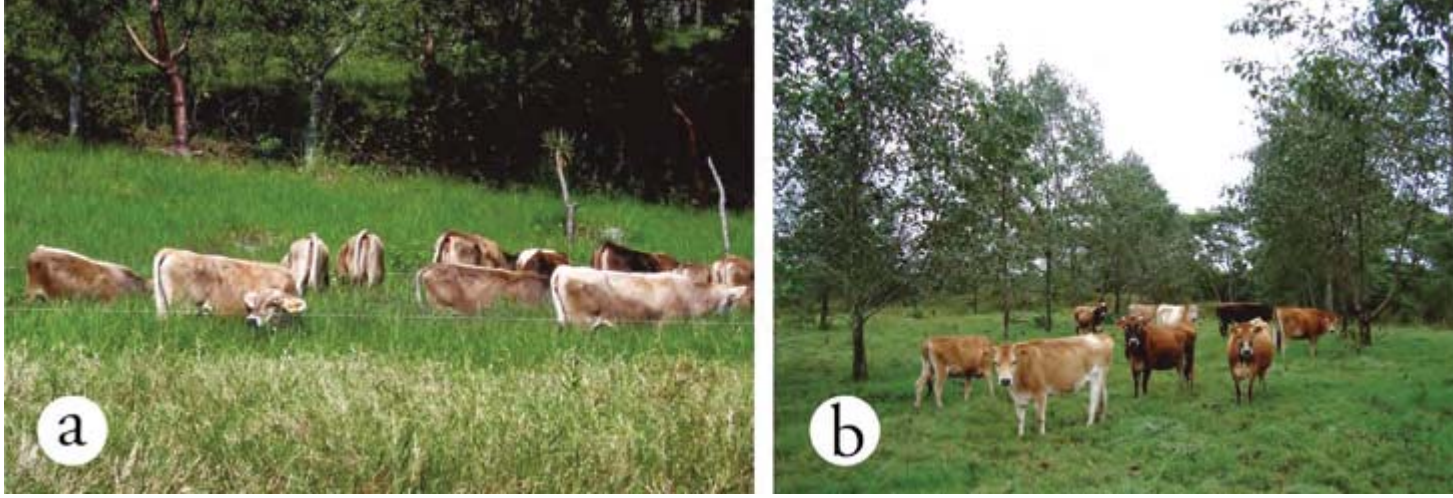

Figura 5. a) Potrero con Pastoreo Racional Voisin (rancho La Luna, Jilotepec, Veracruz), b) potrero con sistema silvopastoril intensivo con ilite (rancho Las Cañadas, Huatusco, Veracruz).

a) Ley del reposo: entre dos pastoreos del mismo potrero debe transcurrir un periodo de tiempo que le permita a la planta recuperar su área foliar y acumular reservas para su rebrote.

b) Ley de la ocupación: el tiempo de ocupación de un potrero no debe permitir que el área pastoreada del primer día vuelva a ser pastoreada antes de rotar a los animales de potrero (Figura 5*a*).

c) Ley del rendimiento máximo: los animales con mayores requerimientos nutricionales deben ser los primeros en pastorear el potrero rebrotado.

d) Ley del requerimiento regular: entre menor sea el tiempo de ocupación de un potrero mayor será la producción del hato en pastoreo (Pinheiro, 2016).

Otro tipo de sistema donde hay mayor integración de árboles forrajeros, como *Guazuma ulmifolia* (guácimo), *Leucaena leucocephala, Tithonia diversifolia* (gigantón), así como otras especies arbóreas que pueden ser maderables o frutales, es el sistema de ganadería silvopastoril (SSP; Figura 5*b*), que puede ser simple o intensivo, según la cantidad de especies y la densidad de árboles que contenga.

En ambos tipos de sistemas se reduce el espacio de ocupación por cabeza de ganado, se mejora el bienestar animal y se incrementa y diversifica el rendimiento productivo, además no se usan agroquímicos (Sánchez y Rosales, 1999; Córdoba *et al.,* 2009; Marinidou y Jiménez, 2010; Calle *et al*., 2012). Además, el incremento de la vegetación puede permitir que, con el paso del tiempo, se recupere la fauna que se vio disminuida por la falta de árboles y por la aplicación frecuente e incorrecta de agroquímicos. Así, el retorno de aves, mamíferos e incluso insectos benéficos, como los parasitoides, ciertos depredadores y descomponedores, como los escarabajos del estiércol, ayudarán también a la disminución de insectos plaga y de algunos parásitos del ganado, mediante el control biológico (Murgueitio y Giraldo, 2009). Estos cambios también permitirán reducir la aplicación de insumos químicos y la liberación de gases de efecto invernadero, lo que además mejorará la economía del productor y la calidad del medio ambiente (Chará *et al*., 2011; Montagnini *et al*., 2015).

Valor económico de los servicios prestados por los escarabajos del estiércol

Mucho se ha insistido en la importancia de la presencia de los escarabajos estercoleros en los agroecosistemas ganaderos. Como se ha visto anteriormente (Figura 1) estos insectos brindan importantes servicios ecosistémicos. Las primeras estimaciones económicas para Veracruz, respecto al ahorro total por el servicio que prestan los escarabajos del estiércol a la producción ganadera, al eliminar el estiércol de los pastizales, fueron hechas por Cruz (2011). Posteriormente, se encontró que el mayor ahorro fue para el control de parásitos internos, con un monto de 14.5 millones de pesos anuales (Huerta *et al.,* 2013). En un trabajo publicado más recientemente, se encontró que el ahorro mayor fue por el servicio de reducción de la pérdida de nitrógeno por hectárea y que éste ahorro varió en un rango de 70.6 a 178.1 millones de dólares al año. Sumando a lo anterior el ahorro por el servicio de limpieza del pastizal, se obtuvo un rango total de ahorro

Cuadro 4. *Comparación de los análisis económicos hechos por los servicios ecosistémicos que realizan los escarabajos estercoleros en el estado de Veracruz, considerando diferentes tasas de remoción del estiércol.*

Beneficio del servicio (Huerta *et al.,* 2013)	Ahorros en millones de pesos	Beneficio del servicio (López-Collado *et al.,* 2017)	Ahorro anual en millones de dólares us	
			mínimo	máximo
Limpieza de pasto sucio	$3.34	Limpieza de pastizal (ha) leche	$0.062	$0.231
Reducir pérdida de nitrógeno	$1.47	Limpieza de pastizal (ha) carne	$0.175	$0.654
Control de parásitos internos	$14.5	Reducir pérdida de nitrógeno	$70.6	$178.1
Control de moscas	$1			
Total de ahorros	$20.3	Ahorros para el Estado	$140.6	$455.8

entre 140.6 a 455.8 millones de dólares por hectárea al año, esto dependiendo de la tasa de degradación de los escarabajos por temporada (López-Collado *et al.,* 2017; Cuadro 4).

Según Huerta *et al.* (2013), se consideró una tasa de degradación 47.17% y para López-Collado *et al.* (2017) de 64.7% mínima, 69% máxima.

En nuestro país y también en el estado de Veracruz, aún están en proceso los estudios comparativos en relación al ahorro que se obtendría por los servicios de los escarabajos estercoleros, si se cambiara de un sistema ganadero tradicional a un sistema PRV o sistema silvopastoril, ya que las anteriores valoraciones se hicieron en sistemas tradicionales. Así, conforme se vayan haciendo los cambios hacia una ganadería más sustentable, será necesario hacer las valoraciones pertinentes por esos servicios, ya que es probable habrá un mayor ahorro por un menor uso de insumos y una mayor ganancia en producción ganadera con un menor impacto ambiental, como lo han observado en Colombia (Chará *et al*., 2011).

Monitoreo

Con el objeto de que los productores puedan apreciar los beneficios de la implementación de los cambios que han realizado en los sistemas de manejo, se considera necesario que sean acompañados de una serie de monitoreos periódicos de campo, que serán establecidos de acuerdo con los ganaderos, para que vayan viendo los progresos de su producción. Estos monitoreos requieren del trabajo conjunto de productores e investigadores especializados. Los productores reportarán sus avances periódicamente utilizando indicadores biológicos y productivos establecidos previamente, los que ayudarán a valorar los avances, por ejemplo, mediante el pago por servicios ambientales. Para esto también se requiere la participación conjunta de las instancias financieras nacionales e internacionales que apoyan este tipo de proyectos, hacia una producción ganadera más sustentable. Entre los bioindicadores que se recomiendan para ser monitoreados están los escarabajos coprófagos (Favila y Halffter, 1997) ya que además son buenos indicadores, junto con otros organismos, de la salud del suelo del agroecosistema ganadero (Farías *et al.,* 2015; Figura 6).

Por ejemplo, se ha observado que tanto la riqueza como la diversidad de especies de escarabajos del estiércol aumenta conforme el potrero tiene más elementos arbustivos (Farías *et al*., 2015). Así, si el potrero es manejado de diferente manera, como con el sistema silvopastoril, se ha observado que la fauna de escarabajos aumenta, de tal manera que se incorporan las especies que habitan en zonas arboladas (Figura 7; Giraldo, com. pers.; Chará *et al*., 2011; Farías *et al*., 2015). Estudiando potreros de la misma zona, pero con diferente tipo de manejo, se han podido comprobar las diferencias, tanto en la riqueza como en la abundancia, de las especies de escarabajos coprófagos

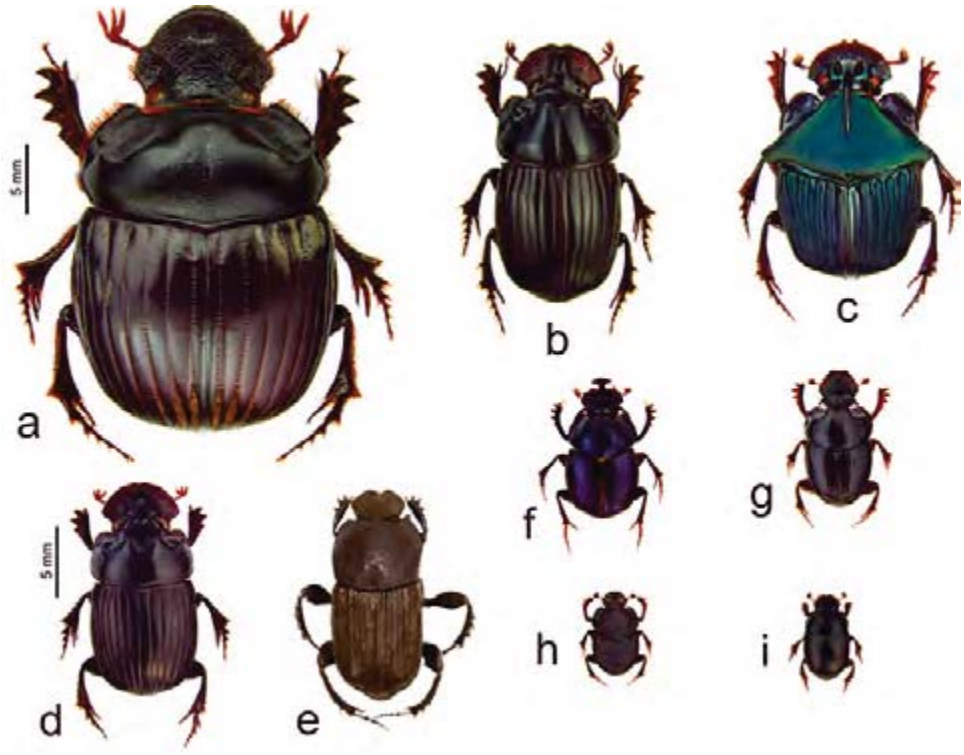

Figura 6. Algunas de las especies de escarabajos estercoleros encontradas en la zona de Xico, Veracruz. a) Dichotomius colonicus, b) Copris incertus, c) Phanaeus endymion, d) Ontherus mexicanus, e) Eurysternus mexicanus, f) Onthophagus belorhinus, g) O. incensus, h) O. durangoensis, i) Scatimus ovatus (Fotos: Sánchez Huerta; Huerta y Cruz, 2016).

presentes, comprobándose que ambas fueron mayores en los manejados en ese caso, con el sistema silvopastoril de guácimo, debido a que en este tipo de sistemas arbolados, además de las especies de escarabajos del estiércol típicas de los potreros, también se incorporaron las especies que prefieren las zonas arboladas. En cambio, en los potreros manejados de manera convencional sólo se encontraron especies características de las zonas abiertas (Farías *et al*., 2015).

En México, se han logrado establecer con éxito Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) con el apoyo de la Fundación Produce Michoacán, A. C., cuyos resultados fueron presentados en el documento *Programa de Documentación de Casos de Éxito, Estrategia Regional del Modelo de Consenso Silvopastoril Intensivo para la Ganadería Sostenible del Trópico Michoacano*, por Moreno Torres (2010). Como parte de sus logros a nivel productivo, ambiental y económico, en el cuadro 5 se resumen los indicadores considerados en cada tema, comparando los que cambiaron positivamente con el sistema silvopastoril intensivo, en comparación con el sistema ganadero convencional (potrero sin árboles). Como se puede observar son evidentes los logros en productividad, así como los beneficios ambientales y económicos que el sistema silvopastoril intensivo le aporta al productor, todo lo cual significa una mayor producción ganadera, menor impacto ambiental y mayor bienestar para los productores y sus familias.

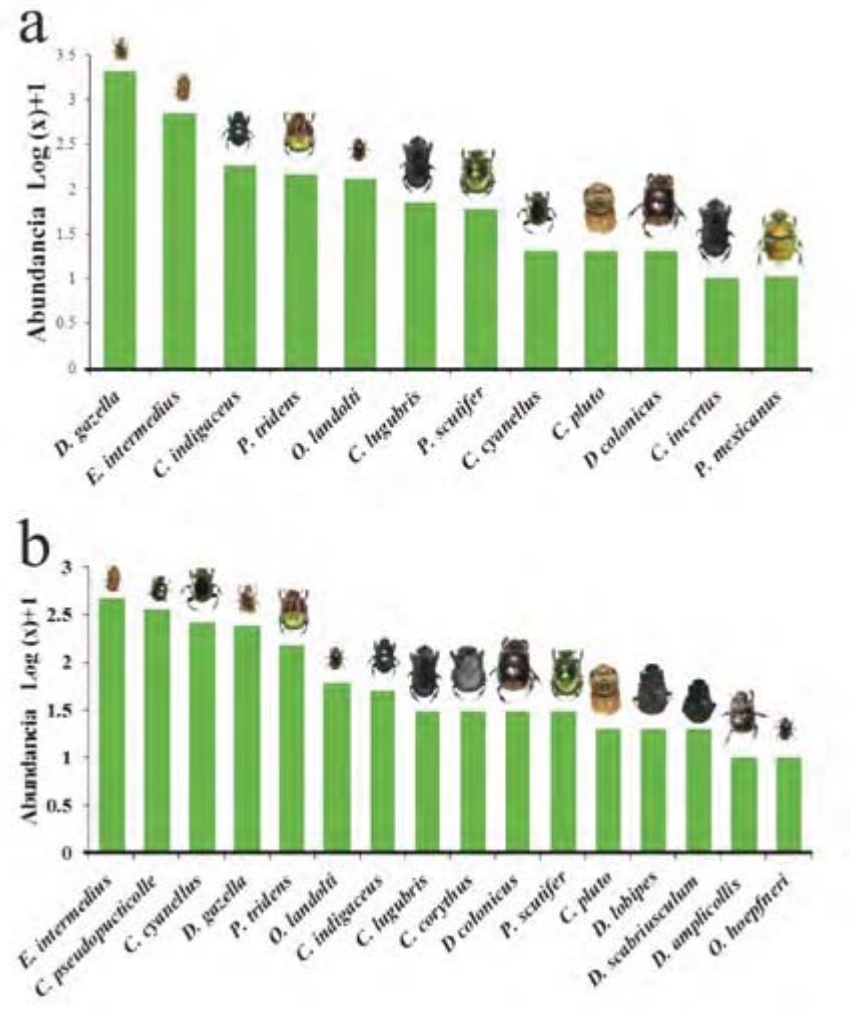

Figura 7. Diversidad y abundancia de escarabajos estercoleros en potreros ganaderos, a) con un manejo convencional y b) con manejo silvopastoril usando Guazuma ulmifolia, según Farías et al. (2015).

Otro ejemplo notable de los beneficios que aporta el manejo silvopastoril en productividad, economía y ambiente, se presentó en Colombia, con un proyecto denominado "Ganadería Colombiana Sostenible", realizado entre 2002 y 2008 con financiamiento del Global Environmental Facility (GEF), administrado por el Banco Mundial y ejecutado por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), en colaboración con la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN; Chará *et al.*, 2011).

Algunos de sus logros más notables se muestran en el cuadro 6, también mediante indicadores productivos, ambientales y económicos.

Cuadro 5. *Principales indicadores considerados en el estudio de Moreno Torres (2010).*

Indicadores	Sistema convencional (sin árboles)	sspi
Productivos		
Producción de leche (litros/día)	3-4	6-9
Ganancia de peso (gramos/día)	200-300	800-1000
Carga animal (ua/ha)	1-2	2-4
Producción de forraje (t ms/ha/año)	6-10	15-25
Producción de proteína (kg/ha)	360-600	2100-3500
Fijación de nitrógeno (kg/ha)	0	200-500
Ambientales		
Captura de carbono/t/ha)	160	220
Temperatura (°C)	34-38	30-34
Eficiencia de uso del agua (%)	30	80-90
Materia orgánica (kg/ha)	320	1005
Económicos		
Alimentos concentrados (kg/animal/día)	5	1-2
Fertilizantes (kg/ha)	1000	0
Herbicidas (litros/ha)	10	2

ua: unidad animal; t: toneladas; ms: materia seca. Fuente: Fundación Produce Michoacán, A.C.

Cuadro 6. *Resumen de los indicadores considerados en el proyecto de la ganadería colombiana sostenible.*

Indicadores	Sistema tradicional (sin árboles)	sspi a los 5 años
Productivos		
Producción de leche (litros/día)	3.5	5.45
Peso al destete (kg)	140	190
Carga animal (ua/ha)	0.6	3.5-5.64
Producción de forraje (t ms/ha/año)	18.62	22.7
Producción de proteína (kg/ha)	1.22	2.86
Fijación de nitrógeno (kg/ha)	0	75-500
Ambientales		
Captura de carbono (T/ha)	12.041	14.612
Gases de efecto invernadero		Reducción de 21% de metano y 36% de óxido nitroso
Temperatura min/máx (°C)	De 13 a 29	Menos 7 a 14 °C en áreas sin árboles
Calidad del agua	Baja	Buena
Escorrentía (unidades)	Alta	Menor
Erosión	Erosionado	Reducción en 46%
Diversidad de aves y entomofauna	Poca diversidad	Alta diversidad
Incidencia de plagas y parásitos	Alta incidencia de chinche de los pastos, moscas hematófagas y garrapatas	75% menos chinche de los pastos 63% menos moscas hematófagas 70% menos garrapatas
Económicos		
Fertilizantes (kg/ha/año)	400-1043	0

Fuente: Chara *et al.,* 2011

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se han analizado los diferentes problemas que ha causado la ganadería convencional para los ecosistemas originales de nuestro estado, concretamente, el reemplazo de nuestras selvas y bosques biodiversos por potreros con monocultivos de especies de pastos, la mayoría de ellos provenientes de otros países y demandantes de una gran cantidad de insumos agrícolas, en general perjudiciales para el medio ambiente y costosos para el productor.

Se ha expuesto la importancia de conservar las especies de escarabajos que degradan el estiércol, por los beneficios de los servicios que realizan al enterrar este material durante su alimentación y reproducción. También se ha hablado de los efectos negativos hacia las poblaciones de estos insectos, causadas por el uso de agroquímicos como la ivermectina y los herbicidas como el glifosato.

Se ha mostrado que el servicio ecológico que prestan los escarabajos coprófagos es indiscutible y que económicamente se refleja de manera directa en la producción de leche y carne ya que los ahorros para el productor y para el estado de Veracruz son considerables, por lo cual es indispensable cuidar y preservar esta fauna benéfica. Se considera que es necesario promover y apoyar la reconversión gradual de los sistemas de manejo de la ganadería convencional hacia sistemas mucho más amigables con el medio ambiente y, por lo tanto, con la biodiversidad, por lo que se proponen dos tipos de sistemas alternativos para esa reconversión: el PRV y los sistemas silvopastoriles. Este cambio favorecerá al planeta, a los productores y a los consumidores, quienes ya están demandando la producción de alimentos libres de agroquímicos. Por ello, se sostiene que una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad debe beneficiarnos a todos y que todos, tanto productores como académicos e instancias de gobierno y financieras, debemos coadyuvar para que este cambio se logre en el estado de Veracruz y en México.

Referencias

Amézquita, S. y Favila, M. E. 2010. Removal rates of native and exotic dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) in a fragmented tropical rain forest. *Environmental Entomology*, 39(2):328-336.

Arellano, L., Cruz Rosales, M. y Huerta C., 2014. *El estiércol: material de desecho, de provecho y algo más*. Instituto de Ecología, A. C. México, 40 pp.

Barrera-Bassols, N. 1992. Impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz. Pp. 79-115. En: E. Boege y H. Rodríguez (Coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz.* CIESAS-Golfo, Instituto de Ecología, A. C., Fiedrich Ebert Stiftung. México.

Bang, H. S., Lee, J.-H., Kwon, O. S., Na, Y. E., Jang, Y. S. y Kim, W. H. 2005. Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and the underlying soil. *Applied Soil Ecology*, 29:165-171.

Bosker, T., Hoekstra, N. J. y Lantinga, E. A. 2002. The influence of feeding strategy on growth and rejection of herbage around dung pats and their decomposition. *Journal of Agricultural Science,* 139:213-221.

Brown, J., Scholtz, C. H., Janeau, J.L., Grellier, S. y Podwojewski, P. 2010. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) can improve soil hydrological properties. *Applied Soil Ecology,* 46:9-16.

Calle, Z., Murgueitio, E. y Chará, J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylva*, 239(63):31-40.

Chará, J., Murgueitio, E., Zuluaga, A. y Giraldo, C. (Eds.). 2011. *Ganadería Colombiana Sostenible.* Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 158 pp.

Córdoba, C., Muñoz, J., Naranjo, J. F., Cuartas, C. A. y Barahona, R. 2009. Efectos de los sistemas silvopastoriles en el comportamiento del ganado. *Revista Carta Fedegan*, 115:88-93.

Cruz R., M. 2011. *Contribución de los escarabajos estercoleros a la productividad ganadera en Veracruz.* Tesis de Doctorado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 94 pp.

Cruz R., M. y Huerta C., C. (Comps.). 2013. *Hacia una ganadería sustentable. Estudio de caso: Jilotepec, Veracruz.* Instituto de Ecología, A. C. 86 pp.

Cruz-Rosales, M., Martínez, M. I., López-Collado, J., Vargas-Mendoza, M., González-Hernández, H. y Fajersson, P. 2012. Effect of ivermectin on the survival and fecundity of *Euoniticellus intermedius* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Revista de Biología Tropical*, 69(1):333-345.

Farías, P., Arellano, L., Medina H., M. I. y López-Ortiz, S. 2015. Response of the copro-necrophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) assemblage to a range of soil characteristics and livestock management in a tropical landscape. *Journal of Insect Conservation*, 19:947-960.

Favila, M. E. y Halffter, G. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.),* 72:1-25.

FAO. 2006. *Livestock's long shadow*. Environmental issues and options. Capter 2. LEAD website. http://www.virtualcentre.org.

Floate, K. D., Wardhaugh, K. G., Boxall A., B. A. y Sherratt, T. N. 2005. Fecal residues of veterinary parasiticides: nontarget effects in the pasture environment. *Annual Review of Entomology*, 50:153-179.

González-Ávalos, E. y Ruiz-Suárez, L. G. 2007. Methane conversion factors from cattle manure in Mexico. *Atmósfera*, 20(1):83-92.

González-Tokman, D., Martínez-Morales, I., Farrera, A., Ortiz-Zayas, M. R. y Lumaret, J.-P. 2017*a*. Effects of an herbicide on physiology, morphology, and fitness of the dung beetle *Euoniticellus intermedius* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(1):96-102.

González-Tokman, D., Martínez, M. I., Villalobos-Ávalos, Y., Munguía-Steyer, R., Ortiz-Zayas, M R., Cruz-Rosales, M. y Lumaret, J.P. 2017*b*. Ivermectin alters reproductive success, body condition and sexual trait expression in dung beetles. *Chemosphere*, 178:129-135.

Guevara, S. S., Laborde, J. y Sánchez-Ríos, G. 2006. La fragmentación. Pp. 111-138. En: Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez-Ríos, G. (Eds.). *Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., México.

Hammer, T. J., Fierer, N., Hardwick, B., Simojoki, A., Slade, E., Taponen, J., Viljanen, H. y Roslin, T. 2016. Treating cattle with antibiotics affects greenhouse gas emis-

sions, and microbiota in dung and dung beetles. *Proceeding Royal Society B*, 283: 20160150. http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0150.

Huerta C., C. y Cruz R., M. (Comps.). 2016. *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz*. Instituto de Ecología, A. C., Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz, Fondo Ambiental Veracruzano. Xalapa, Veracruz, México. 190 pp.

Huerta C.,, Martínez, M. I., Montes de Oca, E., Cruz-Rosales, M. y Favila, M. E. 2013. The role of dung beetles in the sustainability of pasture and grasslands. Pp. 441-463. En: Yañez-Arancibia, A, Dávalos, S. R., Day, J. W. y Reyes, E. (Eds.). *Ecological dimensions for sustainable socioeconomic development*. WIT Press.

Jarvis, S. C., Lovell, R. D. y Panayides, R. 1995. Patterns of methane emission from excreta of grazing animals. *Soil Biology y Biochemistry*, 77(12):1581-1588.

López-Collado, J., Cruz-Rosales, M., Vilaboa-Arróniz, J., Martínez, M. I. y González-Hernández, H. 2017. Contribution of dung beetles to cattle productivity in the tropics: a stochastic-dynamic modeling approach. *Agricultural Systems*, 155:78-87.

Lumaret, J.P., Errouissi, F., Floate, K., Römbke, **J. y Wardhaugh, K.** 2012. A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environments. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13:1004-1060.

Manning, P., Slade, E. M., Beynon, S. A. y Lewis, O. T. 2016. Functionally rich dung beetle assemblages are required to provide multiple ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 218:87-94.

Marinidou, E. y Jiménez, F. G. 2010. *Sistemas silvopastoriles. Uso de árboles en potreros de Chiapas.* CONAFOR, El Colegio de la Frontera Sur, 46 pp.

Martínez, M. I. 2016. Consecuencias del uso de agroquímicos en pastizales ganaderos: la necesidad de estudios toxicológicos y ecotoxicológicos. Pp. 79-88. En: Huerta C., C. y Cruz R., M. (Comps.). *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz*. Instituto de Ecología, A. C., México.

Martínez, M. I., Cruz R., M. y Lumaret, J.P. 2000. Efecto del diferente manejo de los pastizales y del ganado sobre los escarabajos coprófagos *Ataenius apicalis* Hinton y *Ataenius sculptor* Harold (Scarabaeidae: Aphodiinae: Eupariini). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.),* 80:185-196.

Martínez, M. I., Lumaret, J.P. y Cruz R., M. 2001. Suspected side effects of a herbicide on dung beetle populations (Coleoptera: Scarabaeidae). *C. R. Academic Sciences Paris, Life Sciences*, 324:989-994.

Martínez, M. I., Ramírez-Hernández, A. y Lumaret, J.P. 2017. Medicinas veterinarias, plaguicidas y los escarabajos del estiércol en la zona tropical de Palma Sola, Veracruz, México. *Southwestern Entomologist*, 42(2):563-574.

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. 2015. *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales.* Serie Técnica, Informe Técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Colombia, 454 pp.

Moreno Torres, V. M. 2010. *Programa de documentación de casos de éxito. Estrategia regional del modelo de consenso silvopastoril intensivo para la ganadería sostenible del trópico michoacano*. Fundación Produce Michoacán, A. C., IICA-COFUPRO. http://www.redinnovagro.in.

Murgueitio, E. y Giraldo, C. 2009. Sistemas silvopastoriles y el control de parásitos. *Revista Carta Fedegan*, 115:60-63.

Nervo, B., Tocco, C., Caprio, E., Palestrini, C. y Rolando A. 2014. The effects of body mass on dung removal efficiency in dung beetles. *Plos One,* 9(9):e107699. doi:10.1371/journal.pone.0107699.

Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S. y Favila, M. E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141:1461-1474.

Ortega-Martínez, I. J., Moreno, C. E., Sánchez-Rojas, G. y Barragán, F. 2014. The role of *Canthon humectus hidalgoensis* (Bates) (Coleoptera: Scarabaeidae) in dung removal from a cattle pasture. *The Coleopterists Bulletin*, 68(4):656-658.

Owen, W. K., Lloyd, J. E., Legg, D. E. y Kumar, R. 2006. Endocoprid activity of *Aphodius fossor* (Coleoptera: Scarabaeidae) related to bovine dung decomposition in a mixed grass prairie. *Journal of Economic Entomology*, 99(6):2210-2215.

Pimentel, D. 2006. Soil erosion: a food and environmental threat. *Environment, development and sustainability*, 8:119-137.

Pimentel, D. y Edwards, C. A. 1982. Pesticides and ecosystems. *BioSciences*, 32(7):595-600.

Pinheiro M., L. C. 2016. *Pastoreo Racional Voisin. Tecnología agroecológica para el tercer milenio*. Editorial Hemisferio Sur, S. A., Argentina. 6ª reimpresión, 353 pp.

Sánchez, M. D. y Rosales, M. M. 1999. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal, 143 FAO, Roma, 515 pp.

Stevenson, B. G. y Dindal, D. L. 1987. Insect effects on decomposition of cow dung in microcosms. *Pedobiología*, 30:81-92.

Tixier, T., Bloor J., M. G. y Lumaret, J.P. 2015. Species-specific effects on dung beetle abundance on dung removal and leaf litter decomposition. *Acta Oecologica*, 69:31-34.

Williams-Linera, G., Manson, R. y Vera, E. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 8:73-89.

Yamada, D., Imura, O., Shi K. y Shibuya, T. 2007. Effect of tunneler dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth. *Grassland Science*, 53:121-129.

Usos y abusos:
DESPARASITANTES EN LA GANADERÍA CONVENCIONAL

Magdalena Cruz Rosales, Dora Romero-Salas

Los parásitos en la productividad ganadera

Una de las prácticas tradicionales en la actividad ganadera es la aplicación de diversas sustancias químicas para el control de parásitos y vectores que transmiten enfermedades que afectan al animal a lo largo de su vida productiva, sustancias que varían en su composición química y organismo a controlar, como acaricidas, insecticidas, helminticidas, entre otros (Rodríguez-Vivas, 2005, SAGARPA, 2009).

Uno de los problemas más comunes que enfrentan los productores ganaderos es precisamente el control de los parásitos que atacan al animal, a nivel interno y externo, debido a que le pueden causar daños que van desde ligeros a muy graves, según su edad, patología, resistencia o tolerancia, lo cual finalmente repercute en su productividad (Hawkins, 1993; Bulman, 2012; Almada, 2015).

Aunque son numerosas las especies de parásitos que afectan al ganado, por su ubicación en el animal se les clasifica en general en parásitos internos y externos. Entre los primeros se tienen a los gusanos o vermes gastrointestinales, pulmonares y hematófagos (Figura 1). Los parásitos externos más comunes son las moscas y las garrapatas, cuya importancia radica en ser transmisores o vectores de diversas enfermedades (Rodríguez-Vivas, 2005; Quiroz, 2012). Entre los principales efectos nocivos que pueden llegar a causar en el animal están la pérdida de apetito, anemia, daños mecánicos en piel o intestinos y la transmisión de enfermedades, todo lo cual repercute finalmente en una baja de la producción del animal, llegando en casos graves a su muerte.

Para dar una idea del impacto que tienen los parásitos en la productividad bovina en México, Rodríguez-Vivas *et al.* (2017) presentaron datos estimados en millones de dólares americanos por las posibles pérdidas anuales causadas por algunos de los parásitos más importantes, como los nematodos gastrointestinales (US $445.10), las garrapatas (*Rhipicephalus microplus*; US $573.61) y la mosca del cuerno (*Haematobia irritans*; US $231.67). Además, considerando otras tres especies de parásitos (*Eimeria* sp., *Fasciola hepatica* y *Stomoxys calcitrans*) y el tamaño de la población bovina nacional en el momento del estudio,

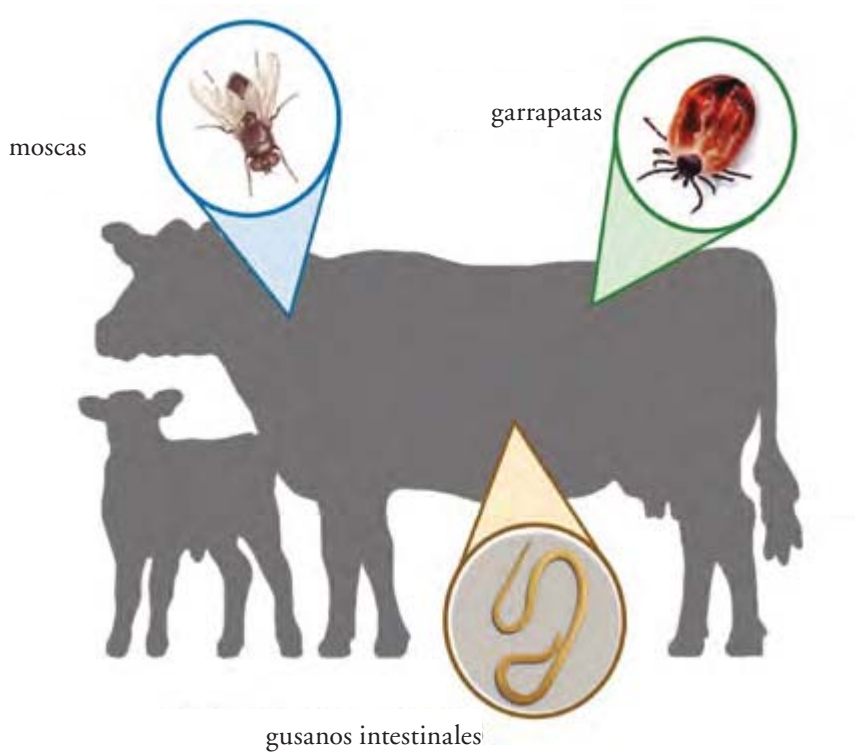

Figura 1. Principales parásitos y plagas que afectan al ganado.

establecieron un monto de US $43.57 como la pérdida promedio, por cabeza, que podrían causar estos seis parásitos. Sin embargo, los mismos autores consideran que estos datos podrían variar en relación con las condiciones climáticas y la resistencia de cada especie de parásito, pero también influyen las diferentes condiciones de manejo del ganado a lo largo del país, así como la susceptibilidad de las razas a cada parásito.

Aunque el estudio citado da una idea de las pérdidas causadas por parásitos, los autores no tomaron en cuenta el valor comercial de las sustancias usadas para su control (Perry y Randolph, 1999); esto es, el costo de cada producto antiparasitario o insecticida que debe ser aplicado por cada tratamiento, que en el mejor de los casos debería ser bajo la supervisión de un médico veterinario, cuyo costo por servicios puede llegar a ser considerable o incosteable, sobre todo para los pequeños productores.

Mecanismo de acción de los antihelmínticos

Los antihelmínticos deben ser selectivamente tóxicos para los parásitos, más no para los hospedadores, lo que puede lograrse por dos vías: inhibiendo procesos metabólicos que sean vitales para los parásitos pero no para los hospedadores y que las propiedades farmacocinéticas de los antihelmínticos logren exponer a los parásitos a concentraciones más altas que las células del hospedador (Márquez, 2007). Los desparasitantes (endocticidas e ixodicidas) tienen la finalidad

Figura 2. Variación en la capacidad tecnológica para la producción de leche en la zona de Xico, Veracruz; a) mediante el uso de ordeñadora automática y b) por ordeña manual.

de mantener al ganado libre de cualquier infestación ya sea interna o externa; además, tienden a mejorar el comportamiento productivo del animal. Sin embargo, como cualquier otro producto para mejorar la salud del ganado, es importante tomar las precauciones sobre su uso y manejo, así como aplicar solamente los productos que han sido descritos e indicados por el médico veterinario.

De acuerdo con el Censo Agropecuario (INEGI, 2007: Tabulado_VIII_CAGyF_38) la mayoría de los productores de ganado bovino aplican tratamientos para el control de parásitos, pero no hay datos de la frecuencia de dicha aplicación ni del tipo de sustancias utilizadas, ni si se aplican correctamente o si se tiene conocimiento de su toxicidad residual en el ambiente (DOF 25-07-2007; Guo *et al*., 2016).

En Veracruz, la actividad ganadera bovina principalmente es de doble propósito, para la producción de carne y leche, sobre todo en la zona norte, centro y sur del estado, mientras que una parte de la zona centro (trópico templado) se dedica más a la producción de leche (Vilaboa y Díaz, 2009). En la zona centro se localiza el municipio de Xico, donde se obtuvo información con encuestas realizadas en 2008 y 2014 sobre las prácticas ganaderas y sus controles sanitarios y se determinó que la aplicación de los desparasitantes es muy común; aunque hay quienes solo los aplican una o dos veces al año, lo más frecuente es que la aplicación se realice de dos a cuatro veces al año, sobre todo dependiendo de la temporada o de los signos clínicos que presentan los animales, pero lo que no es común es que sea bajo la supervisión de un especialista. Se observó que aunque existe una variación en la tecnología para la producción de leche (Figura 2), en lo que los diferentes productores coinciden es en el uso de las sustancias aplicadas para el control de endoparásitos, que son de preferencia productos derivados de los bencimidazoles o imidazoles, aunque también aplican la ivermectina, aunque en menor proporción (Martínez y Cruz, 2009; Cruz *et al*., 2016).

En particular se observó que existe un cuidado en la aplicación de la ivermectina, entre los productores que venden su leche a una empresa transnacional, ya que existe una regulación internacional de límites máximos permitidos de ciertos residuos veterinarios en los alimentos (Codex Alimentarius, 2017). Sin embargo, es difícil esperar que los productores que no le venden la leche a esta empresa lleven un control de la presencia de esta sustancia en la leche o queso que elaboran artesanalmente. Así, se ve la necesidad de que este tipo de información sea tomada en cuenta en las entrevistas y encuestas que se realizan en el estado (Vilaboa y Díaz, 2009; Vilaboa-Arróniz *et al*., 2009), lo cual sería de mucha ayuda para tener conocimiento y reducir los riesgos sanitarios y toxicológicos para el consumidor.

Disponibilidad de productos para control de plagas y parásitos en el mercado

En México y por lo tanto en Veracruz, existe una amplia diversidad de productos biocidas utilizados en las actividades agropecuarias, los cuales se pueden clasificar de acuerdo con su clase química o por la fun-

ción fisiológica que afectan, en el organismo a controlar o erradicar (Cuadro 1).

Entre los artículos veterinarios existe una amplia gama de productos ubicados en la sección de antiparasitarios y son subdivididos en ectoparasiticidas, endoparasiticidas y endectocidas, que a su vez pueden denominarse según el grupo o etapa del parásito a la cual controlan, así como por la vía de administración del producto ya sea inyectable, oral, percutánea o para mezclar con el alimento (Cuadro 2). De todos los productos que se ofrecen en el mercado, el que tiene mayor proporción de aplicaciones es la ivermectina, una lactona macrocíclica que actúa tanto para ecto como para endoparásitos, de ahí su diversidad y por lo que se le denomina endectocida.

El uso comercial de la ivermectina se inició en 1981 y el de la avermectina como pesticida agrícola así como antiparasitario fue en 1985 (Campbell, 1989). Su éxito se manifestó al reducir considerablemente la oncocercosis humana y otros padecimientos causados por nematodos o filarias comunes en países pobres, lo que le mereció a sus descubridores, William C. Campbell y Satoshi Mura, el premio nobel de fisiología y medicina en 2015 (Nobelprize.org).

Control oficial de los productos veterinarios

A pesar de los logros en la salud humana y veterinaria, existen numerosos estudios sobre los efectos ecotóxicos negativos de la ivermectina y otras sustancias antihelmínticas, cuyo uso se ha incrementado desde hace más de 30 años (Lumaret *et al*., 2012). Sin embargo, son pocos los estudios hechos en América Latina ya que no existen instituciones ni normas o reglamentos internacionales que regulen el proceso de comercialización o autorización para el uso y control de este tipo de sustancias, como las hay en la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá o Japón (VICH 2015; OECD, 2009).

En esos países se busca reducir los efectos ambientales nocivos de muchas de las sustancias que se aplican, tanto a la población humana como a la animal, entre los que se encuentran las medicinas veterinarias (Horvat *et al*., 2012).

En México las sustancias biocidas que mejor control tienen son los plaguicidas, que quedan regulados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (DOF 26-05-2008). Pero es la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2016), la que define en el Catálogo de Plaguicidas, aquellas sustancias que están permitidas, además de que ahora también señalan el destino ambiental de esos productos y sus efectos adversos para el ambiente, la fauna acuática y la terrestre, organismos no blanco, entre ellos insectos benéficos como abejas y arañas, pero no están incluidos los escarabajos coprófagos. En esta lista no se incluyen los productos utilizados como desparasitantes veterinarios, con excepción de la abamectina (avermectina), la cual se recomienda como insecticida-acaricida para algunos cultivos.

Por otro lado, es desafortunado saber que muchas sustancias de este grupo de plaguicidas que son permitidas en México ya están prohibidas en otros países por su alta toxicidad y residualidad, lo cual implica daños a usuarios, consumidores y hasta para la vida silvestre (Arellano-Aguilar y Rendón, 2016).

Las sustancias desparasitantes o antihelmínticas quedan incluidas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-064-ZOO-2000 (DOF 27-01-2003), que señala los "Lineamientos para la clasificación y prescripción de los productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos". Así, están clasificadas en el grupo II (DOF 12-07-2004), como productos que requieren receta médica simple para su adquisición y cuyo ingrediente activo requiere vigilancia porque puede llegar a ser tóxico, por lo que de preferencia deberán ser administrados por un especialista. Sin embargo, en la realidad la situación es muy diferente, ya que en México todos los productos considerados como desparasitantes o antihelmínticos pueden ser adquiridos libremente y sin receta médica. Además, la presencia de sus residuos en carne e hígado puede ser aceptable en ciertos límites (SENASICA, 2017), llamando la atención que no incluyan su presencia en la leche, riñón y grasa, como sí lo hacen a nivel internacional (Codex Alimentarius, 2017).

Aunque existe la Ley Federal de Sanidad Animal (DOF 07-06-2012) que señala como uno de sus objetivos:

Cuadro 1. *Clasificación de los productos para el control de diversos artrópodos plaga y parásitos, según su clase o acción, grupo químico e ingrediente activo.*

Clase/Acción	Grupo	Ingredientes activos
Endectocida	Lactonas macrocíclicas, milbemicinas	Abamectina, eprinomectina, ivermectina, doramectina, moxidectina
Antihelmínticos	Benzimidazoles 1 tiazoles 2 metilcarbamatos 3 tioles halogenados 4 probenzimidazoles	Tiabendazol, cambendazol, albendazol, fenbendazol, mebendazol, oxibendazol, oxfendazol, triclabendazol, ricobendazol, flubendazol, parbendazol, lufendazol, luxabendazol, tiofanato, febantel, netobimin
	Tetrahidropirimidinas	Citrato de morantel, pirantel, oxantel, plaziquantel, febantel
	Imidazotiazoles	Levamisol, tetramisol
	Salicilanilidas y substitutos de fenol	Closantel, nitroxynil,oxiclasanida, rafoxanida, niclosanida
Ectocidos	Piretrinas y piretroides sintéticos	Cipermetrina, deltametrina, cyhalotrina, flumetrina, alfacipermetrina, fenvalerato
	Organofosfatados	Azametidos, clorpirifos, coumaphos, diclorvos, diazinon, clorfenvinfos, tetraclorvifos
	Organoclorinados	Aldrín, dieldrín, clordano, endrín, lindano, DDT
	Amidinas	Amitraz
Inhibidores de la síntesis de quitina	Benzoilfenilurea, derivados de triazina y pirimidina	Diflubenzuron, fluazuron, cyromazina, dicyclanil
Análogos de la hormona juvenil	Compuestos terpenoides y carbamatos	Metropreno, fenoxycarb

Fuentes Taylor, 2001; Floate *et al.,* 2005; Márquez, 2007.

Cuadro 2. *Número de productos veterinarios, según tipo de parásito a controlar o vía de administración.*

Tipo de producto	Función o vía de aplicación	Producto con ivermectina, del total por categoría
Ectoparasiticida	Acaricida	1 de 24
	Insecticida	0 de 3
	Ixodicida (garrapaticida)	0 de 46
	Larvicida	2 de 4
	Mosquicida	0 de 34
	Piojos y pulgas	3 de 48
Endectocida	Inyectables	45 de 53
	Orales	26 de 47
	Percutáneos	7 de 7
	Mezcla con alimento	9 de 15
Endoparasiticida	Antihelmínticos	
	Inyectable	**15 de 67**
	Orales	**10 de 121**
	Fasciolicida	1 de 26

Fuente: Prontuario de Especialidades Veterinarias, 2004-2005.

"regular los productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales", no existe un control estricto para la importación, comercialización, aplicación y, sobre todo, para el seguimiento ambiental y el monitoreo de los residuos de los productos veterinarios desparasitantes, ya que como se observó al consultar las normas oficiales, existe un vacío legal ante tales sustancias.

En el caso de la Unión Europea, Japón y Estados Unidos, existe interés por regular la comercialización, aplicación y manejo de los productos antihelmínticos y sus desechos en el ambiente (VICH, 2004, 2015). En esos países se han desarrollado los protocolos necesarios para evaluar los efectos ecotóxicos sobre la fauna del suelo y sobre varias especies de escarabajos estercoleros por ser organismos indicadores de la salud del ecosistema de pastizales ganaderos, donde llegan muchos de los residuos de esas sustancias veterinarias (Davis *et al*., 2004; Floate *et al*., 2016).

Consecuencias de la falta de control de los productos veterinarios

Existen numerosos estudios sobre los efectos nocivos de los desparasitantes, principalmente de la ivermectina, sobre la fauna coprófaga y del suelo (Adler *et al*., 2016), pero también hay estudios sobre otras menos nocivas que cumplen la misma función de control de los parásitos, cuyos efectos pueden incluso ser contrastantes por sustancia, especies y regiones (Hempel *et al*., 2006; Diao *et al*., 2007; Suárez *et al*., 2009; Basto-Estrella *et al*., 2014; Scheffcyk *et al*., 2016; Wohde *et al*., 2016).

En general, los principales efectos nocivos que tienen las sustancias desparasitantes, como la ivermectina, sobre la fauna de insectos benéficos, como los escarabajos coprófagos, es que pueden retrasar el desarrollo larval, así como modificar algunas características anatómicas y reproductivas, lo que puede impactar la abundancia de las especies y alterar la importante función que cumplen en la degradación del estiércol en las zonas ganaderas (Floate *et al*., 2005; Iwasa *et al*., 2007; Jochmann *et al*., 2010; Iglesias *et al*., 2011; Jensen y Scott-Fordsmand, 2012; Lumaret *et al*., 2012; Jacobs *et al*., 2015; Tixier *et al*., 2016; González-Tokman, *et al*., 2017; Martínez *et al*., 2017).

Otra situación que también debería considerarse es el incremento de las dosis de los productos desparasitantes, que es mayor al paso del tiempo (Lifschitz *et al*., 2004; Borges *et al*., 2008; Pisa Agropecuaria®, 2012) y conforme se genera resistencia en los mismos parásitos (Becerra-Nava *et al*., 2014; Alonso-Díaz *et al*., 2015; Alegría-López *et al.,* 2015; Rodríguez-Vivas *et al*., 2017), los cuales desafortunadamente tienen mejores mecanismos de supervivencia y resiliencia que los organismos a los cuales parasitan (Perez-Cogollo *et al*., 2010; Canul-Ku *et al*., 2012). Ante tales situaciones es recomendable buscar alternativas más sustentables de control de los parásitos, a fin de lograr menor impacto ambiental de los residuos que se liberan después del tratamiento, menor costo por el tratamiento y finalmente mejoría en el bienestar animal y en la calidad de sus derivados (Tamsborg *et al*., 1999).

Sin embargo, toda esta información difícilmente llega al productor ganadero, quien aplica al final las sustancias para el control de los parásitos, tanto internos como externos. Ante la poca información que existe en América Latina y en México, sobre este tema, es que resalta la importancia de aportar información de los efectos ecotóxicos de los antihelmínticos, en especial sobre la fauna coprófaga de zonas tropicales, donde existe una mayor diversidad de especies que pueden sufrir los efectos negativos de dichas sustancias (Beynon *et al*., 2012).

En nuestro país, como en otros muchos de América Latina, la regulación de las sustancias que se comercializan para este propósito es menos estricta que las regulaciones que hay en la Unión Europea, Japón o Estados Unidos (VICH, 2015; OECD, 2009).

El productor ganadero utiliza las sustancias que hay en el mercado y son de libre acceso, las cuales muchas veces solo son diferentes por el nombre comercial y precio, pero no por el nombre genérico, lo cual puede ser una de las causas de un mal tratamiento por automedicación del productor hacia el ganado, causando a su vez la generación de resistencia entre los organismos patógenos y, en el peor de los casos, hasta sobredosis o intoxicación que pueden dañar más la salud del animal (FAO, 2003; Bimeda, 2014; Alonso-Díaz *et al*., 2015).

Mecanismo de resistencia antihelmíntica

Una situación que ha ocurrido entre los nematodos gastrointestinales, es que algunos géneros evaden los efectos letales de determinados antihelmínticos, conociéndose esto como resistencia antihelmíntica, la cual se ha definido como la capacidad que tiene una fracción de una población parásita para tolerar dosis tóxicas de sustancias químicas que son letales para otras poblaciones de la misma especie (Craig, 1993), siendo la heredabilidad la característica más importante de este fenómeno (Le Jambre, 1997). Mediante este proceso, la presión ejercida por la quimioterapia elimina de forma selectiva los nematodos susceptibles de la población genéticamente heterogénea, produciéndose un incremento de individuos portadores de genes que confieren resistencia y que son transmitidos a la próxima generación (Köler, 2001).

La resistencia se clasifica como intrínseca, cuando un parásito es naturalmente insensible a una droga, debido a la ausencia de receptores o a la imposibilidad del fármaco para entrar a la célula; resistencia adquirida, cuando las poblaciones que son inicialmente susceptibles a la acción de un fármaco dejan de serlo tras la ocurrencia de cambios genéticos heredables de generación en generación (Mottier y Lanusse, 2001).

Estrategias para retardar el desarrollo de la resistencia

Algunas prácticas de manejo del ganado reducen el número de tratamientos antihelmínticos, lo que permite mantener las pasturas con nematodos provenientes de animales no tratados y la formación de una población en refugio, con lo cual se disminuye el contacto del parásito con el antiparasitario, reduciéndose también el desarrollo de resistencia. Dentro de las distintas estrategias de manejo se encuentran las siguientes:

a) Pastoreo mixto y/o alterno bovino-ovino

Esta estrategia, destinada a disminuir el nivel de infestación en los pastos y reducir la frecuencia de tratamientos antihelmínticos en estas dos especies, tiene como fundamento la especificidad de algunos géneros de parásitos sobre algunos hospederos, de tal manera que el pastoreo previo de una de las especies de

Figura 3. Pastoreo mixto que ayuda a controlar parásitos.

rumiantes descontamina, o limpia, la pradera destinada a la especie que pastoreará posteriormente. Existen estudios que han demostrado que el pastoreo conjunto bovino-ovino es más benéfico, en términos de descontaminación de praderas, que el pastoreo simple de cada especie, debido a la disminución de la contaminación/infección cruzada entre ambas especies, resultante de la remoción de larvas del suelo por parte de los animales que no son afectados, lo que causa una reducción de la contaminación de las praderas (Nari *et al.*, 2000; Figura 3).

b) Uso simultáneo de antihelmínticos con diferentes modelos de acción

Esta estrategia constituye la herramienta más práctica y fácil de llevar a cabo por parte de los productores, siempre y cuando cuenten con asesoría profesional. Puede ser bastante exitosa en la prevención de la resistencia; sin embargo, requiere al inicio del programa del uso de antihelmínticos de eficacia comprobada. Si los parásitos tienen algún tipo de resistencia a uno de los compuestos combinados, la resistencia se intensificará y se iniciará la selección para resistencia por el otro antihelmíntico (Márquez, 2003).

c) Uso de animales resistentes

Hay evidencias sobre la habilidad que tienen algunos animales para resistir naturalmente el establecimiento y desarrollo de los parásitos, a través de la respuesta inmune. El objetivo de esta estrategia es que, mediante

un proceso de selección se reduzca cada vez más en la población la presencia de animales muy parasitados o susceptibles (Márquez, 2003). Las razas cebuinas (*Bos indicus*) presentan una resistencia natural, no sólo contra los nematodos, sino también contra otros parásitos y en ellas se observa que a mayor pureza de sangre cebuina menor parasitismo y a mayor proporción de sangre europea (*Bos taurus*) mayor parasitismo, evidencia que se hace ostensible a partir del grado 5/8 (Zárate, 2005).

d) Control biológico

El control biológico de los nematodos está dirigido a la vigilancia de los estados de vida libre de los parásitos, en contraste con los controles quimioterapéuticos, que atacan la fase parasítica en los hospedadores. La actividad científica está dirigida a explorar el potencial que tienen ciertos microhongos, como *Duddingtonia flagrans*, que ha demostrado tener habilidad para reducir las larvas de parásitos tricostrongílidos, en heces de animales. Este hongo pasa a través del tracto gastrointestinal de los hospederos sin sufrir alteración alguna como espora, las cuales posteriormente germinan y se extienden por toda la materia fecal fresca para atrapar larvas en movimiento antes de que migren a los pastos (Waller, 1999).

Además del *D. flagrans* existen otras 200 especies de hongos que tienen la habilidad para atrapar larvas de nematodos y que pueden actuar en los huevos, en las larvas en desarrollo o en las larvas infectantes, por medio de diferentes estructuras (anillos constrictores, hifas, redes, etc.) que desarrollan en presencia de nematodos (Nari *et al.*, 2000, 2001).

Por todo ello, es necesario concientizar a los ganaderos en el uso controlado de los antihelmínticos y de esta manera coadyuvar en la no generación de la resistencia de los parásitos (internos como externos) y, a su vez, no dañar al medio ambiente con los productos químicos.

Recomendaciones

A pesar del grave problema que representan las parasitosis para los productores ganaderos, es inevitable que su control mediante agentes químicos sea la principal solución, por lo que la aplicación de estos productos debería ser de manera adecuada y prudente. Es recomendable que se considere un diagnóstico previo que defina el tipo de parásito a controlar y, sobre todo, actuar bajo la supervisión de un especialista veterinario, quien defina el producto, dosis y tipo de aplicación más conveniente ya que un sencillo análisis de cargas parasitarias puede determinar la conveniencia o no del tratamiento de desparasitación, lo que reduciría el gasto y sobre todo la sobredosis en momentos que no son requeridos los productos, como se observó en el municipio de Xico (Cruz y Romero, 2016).

Otra de las recomendaciones que hacen algunos especialistas, para reducir la incidencia de resistencia en los parásitos, es rotar el tipo de producto antiparasitario, evitando aquellos más ecotóxicos, además de buscar un control integrado

de los parásitos, por ejemplo con el manejo alternativo del pastoreo, aplicación de productos o prácticas alternativas, como los hongos o bacterias patógenas, vacunas, enemigos naturales o productos naturales tradicionales (FAO, 2003; Giraldo *et al*., 2011; Hoste y Torres-Acosta, 2011; Hernández *et al*., 2015).

Finalmente, se deberían buscar las alternativas legales para que en nuestro país las normas y leyes sanitarias tomen más en cuenta el destino de los productos veterinarios aplicados a los animales, ya que estos productos son desechados en orina y heces, pasando directamente al suelo, en donde pueden contaminar e intoxicar a otros organismos no nocivos, alterando así las cadenas tróficas y, por lo tanto, la salud ambiental. Ojalá se puedan unir los esfuerzos de productores, académicos, funcionarios y, sobre todo, de las empresas en favor de una producción ganadera menos contaminante.

Referencias

Adler, N., Bachmann, J., Blanckenhorn, W. U., Floate, K. D., Jensen, J. y Römbke J. 2016. Effects of ivermectin application on the diversity and function of dung and soil fauna: regulatory and scientific background information. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(8):1914-1923.

Alegría-López, M. A., Rodríguez-Vivas, R. I., Torres-Acosta, J. F. J., Ojeda-Chi, M. M. y Rosado-Aguilar, J. A. 2015. Use of ivermectin as endoparasiticide in tropical cattle herds generates resistance in gastrointestinal nematodes and the tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixididae). *Journal of Medicine Entomological*, 52(2):214-221.

Almada, A. 2015. Parasitosis: pérdidas productivas e impacto económico. *Boletín Técnico,* Merial Latam.ganadería.mx.

Alonso-Díaz, M. A., Arnaud-Ochoa, R. A., Becerra-Nava, R., Torres-Acosta, J. F. J., Rodríguez-Vivas, R. I. y Quiroz-Romero, R. H. 2015. Frequency of cattle farms with ivermectin resistant gastrointestinal nematodes in Veracruz, Mexico. *Veterinary Parasitology,* 212:439-443.

Arellano-Aguilar, O. y Rendón von Osten, J. 2016. *La huella de los plaguicidas en México*. Greenpeace México, A. C. Greenpeace.org.mx. 39 pp.

Basto-Estrella, G., Rodríguez-Vivas, R. I., Delfín-González, H. y Reyes-Novelo, E. 2014. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) diversity and seasonality in response to use of macrocyclic lactones at cattle ranches in the Mexican Neotropics. *Insect Conservation and Diversity*, 7:73-81.

Becerra-Nava, R., Alonso-Díaz, M. A., Fernández-Salas, A. **y Quiroz, R. H.** 2014. First report of cattle farms with gastrointestinal nematodes resistant to levamisole in Mexico. *Veterinary Parasitology,* 204:285-290.

Beynon, S. A., Mann, D. J., Slade, E. M. y Lewis O. T. 2012. Species-rich dung beetle communities buffer ecosystem services in perturbed agro-ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 49:1365-1372.

Bimeda de México. 2014. *Uso responsable de antihelmínticos y resistencia*. www.ganaderia.com.mx, consultado el 4 de agosto de 2014.

Borges, F. A., Silva, H. C., Buzzulini, C., Soares, V. E., Santos, E., Oliveira, G. P. y Costa, A. J. 2008. Endectocide activity of a new long action formulation containing 2.25% ivermectin +1.25% abamectin in cattle. *Veterinary Parasitology*, 155:299-307.

Bulman, G. M. 2012. Pérdidas económicas directas e indirectas por parásitos internos y externos de los animales domésticos en Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, 66:76-176.

Campbell, W. C. 1989. *Ivermectin and abamectin*. Springer-Verlag, Nueva York, 363 pp.

Canul-Ku, H. L., Rodríguez-Vivas, R. I., Torres-Acosta, J. F. J., Aguilar-Caballero, A. J., Pérez-Cogollo, L. C. y Ojeda-Chi, M. M. 2012. Prevalence of cattle herds with ivermectin resistant nematodes in the hot sub-humid tropics of Mexico. *Veterinary Parasitology*, 183:292-298.

Codex Alimentarius. 2017. Normas Internacionales de los Alimentos. Límites máximos de residuos (LMR) y recomendaciones sobre la gestión de riesgos (RGR) para residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos CAC/MRL 2-2017. FAO, OMS. www.codexalimentarius.org.

COFEPRIS. (**Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios**). 2016. *Catálogo de Plaguicidas.* http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx, consultado el 15 de enero de 2018.

Craig, T. M. 1993. Anthelmintic resistance. *Veterinary Parasitology*, 46:121-131.

Cruz R., M., Huerta C., C. y Arellano, G. L. 2016. Situación actual de la ganadería en la zona centro del municipio de Xico, Veracruz. Instituto de Ecología, A. C., Fondo Ambiental Veracruzano, México, 29 pp.

Cruz R., M. y Romero-Salas, D. 2016. La parasitosis gastrointestinal en el ganado bovino. Pp. 89-111. En: Huerta C., C. y Cruz R., M. (Comps.). *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz*. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México.

Davis, A. L. V., Scholtz, C. H., Dooley, P. W., Bham, N. y Kryger, U. 2004. Scarabaeinae dung beetles as indicators of biodiversity, habitat transformation and pest control chemicals in agro-ecosystems. *South African Journal of Science,* 100:415-424.

Diao, X., Jensen, J. y Hansen, A. D. 2007. Toxicity of the anthelmintic abamectin to four species of soil invertebrates. *Environmental Pollution*, 148:514-519.

DOF (**Diario Oficial de la Federación**). 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Norma Oficial Mexicana NOM-064-ZOO-2000. Lineamientos para la clasificación y prescripción de productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos. Publicada el 27 de enero de 2003.

_____. 2004. Acuerdo por el que se establece la clasificación y prescripción de los productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos. Publicado el 12 de julio de 2007.

_____. 2007. Decreto por el que se expide la Ley Federal de Sanidad Animal. Publicado el 25 de julio de 2007.

_____. 2008. Acuerdo que establece la clasificación y codificación de mercancías cuya importación y exportación está sujeta a regulación por parte de las dependencias que integran la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Publicado el 26 de mayo de 2008.

_____. 2012. Ley Federal de Sanidad Animal. Publicada el 7 de junio de 2012.

FAO (**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**). 2003. *Resistencia a los antiparasitarios. Estado actual con énfasis en América Latina*. Dirección de Producción y Sanidad Animal de la FAO. Roma. 51 pp.

Floate, K. D., Wardhaugh, K. G., Boxall A., B. A. y Sherratt, T. N. 2005. Fecal residues of veterinary parasiticides: nontarget effects in the pasture environment. *Annual Review of Entomology*, 50:153-179.

Floate, K. D., Düring, R. A., Hanafi, J., Jud, P., Lahr, J., Lumaret, J. P., Scheffczyk A., Tixier, T., Wohde, M., Römbke, J., Sautot, L. y Blanckenhorn, U. 2016. Validation of a standard field test method in four countries to assess the toxicity of residues in dung of cattle treated with veterinary medical products. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(8):1934-1946.

Giraldo, C., Reyes, L. K. y Molina, J. 2011. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos. Manual 2. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, Banco Mundial, FEDEGAN, CIPAV, Fondo Acción, TNC. Bogotá, Colombia. 51 pp.

González-Tokman, D., Martínez, M. I., Villalobos-Ávalos, Y., Munguía-Steyer, R., Ortiz-Zayas, M. R., Cruz-Rosales, M. y Lumaret, J. P. 2017. Ivermectin alters reproductive success, body condition and sexual trait expression in dung beetles. *Chemosphere*, 178:129-135.

Guo, J., Sinclair, C. J., Selby, K. y Boxall A., B. A. 2016. Toxicological and ecotoxicological risk-based prioritization of pharmaceuticals in the natural environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(6):1550-1559.

Hawkins, J. A. 1993. Economic benefits of parasite control in cattle. *Veterinary Parasitology*, 46:159-173.

Hempel, H., Scheffczyk, A., Schallnaß, H.J., Lumaret, J.P., Alvinerie, M. y Römbke, J. 2006. Toxicity of four veterinary parasiticides on larvae of the dung beetle *Aphodius constans* in the laboratory. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(12):3155-3163.

Hernández M., J. A., Arroyo B., F. L., Bonilla, Q. R., Sánchez-Andrade, F. R. y Arias V., M. S. 2015. Control biológico de parásitos en la ganadería. Hongos del suelo. *Revista Zoociencia,* 2(1):3-11.

Horvat A., J. M., Petrovic, M., Babic, S., Oavlovic, D. M., Asperger, D., Pelko, S., Mance, A. D. y Kastekan-Macanm, M. 2012. Analysis, occurrence and fate of anthelmintics and their transformation products in the environment. *Trends in Analytical Chemistry,* 31:61-84.

Hoste, H. y Torres-Acosta, J. R. J. 2011. Non chemical control of helminths in ruminants: Adopting solutions for changing worms in a changing word. *Veterinary Parasitology*, 180:144-154.

Iglesias, L. E., Fusé, L. A., Lifschitz, A. L., Rodríguez, E. M., Sagüés, M. F. y Saumell, C. A. 2011. Environmental monitoring of ivermectin excreted in spring climatic conditions by treated cattle on dung fauna and degradation of faeces on pasture. *Parasitological Research*, 108:1185-1191.

INEGI (**Instituto Nacional de Estadística y Geografía**). 2007. Censo Agropecuario, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Tabulado_VIII_CAGyF_38. http://www.inegi.gob.mx.

Iwasa, M., Maruo, T., Ueda, M. y Yamashita N. 2007. Adverse effects of ivermectin on the dung beetles, *Caccobius jessoensis* Harold, and rare species, *Copris ochus* Motschulsky and *Copris acutidens* Motschulsky (Coleoptera: Scarabaeidae), in Japan. *Bulletin of Entomological Research*, 97:619-625.

Jacobs, C. T. y Scholtz, C. H. 2015. A review on the effect of macrocyclic lactones on dung-dwelling insects: toxicity of macrocyclic lactones to dung beetles. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 82(1), art. 858, 8 pp. DOI: 10.4102/ojvr.v82i1.858.

Jensen, J. y Scott-Fordsmand, J. J. 2012. Ecotoxicity of the veterinary pharmaceutical ivermectin tested in a soil multi-species (SMS) system. *Environmental Pollution*, 171:133-139.

Jochmann, R., Blanckenhorn, W. U., Bussière, L., Eirkson, C. E., Jensen, J., Kryger, U., Lahr, J., Lumaret, J.P., Römbke, J., Wardhaugh, K. G. y Floate, K. D. 2010. How to test nontarget effects of veterinary pharmaceutical residues in livestock dung in the field. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(2):287-296.

Köler, P. 2001. The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. *International Journal for Parasitology*, 31:336-345.

Le Jambre, L. F. 1997. Genetics of anthelmintic resistance in parasitic nematodes. *Brazilian Journal Veterinary Parasitology*, 6:379-392.

Lifschitz, A., Sallovitz, J., Imperiale, F., Pis, A., Jáuregui Lorda, J. y Lanusse, C. 2004. Pharmacokinetic evaluation of four ivermectin generic formulations in calves. *Veterinary Parasitology*, 119(2-3):247-257.

Lumaret, J.P., Errouissi, F., Floate, K., Römbke, J. y Wardhaugh, K. 2012. A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and acuatic environments. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13:1004-1060.

Márquez, L., D. 2003. Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control. *Revista Corpoica*, 4: 55-71.

_____. 2007. *Resistencia a los antihelmínticos en nemátodos de Rumiantes y estrategias para su control*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y ColCiencias, Colombia. 166 pp.

Martínez, M. I. y Cruz R., M. 2009. El uso de químicos veterinarios y agrícolas en la zona ganadera de Xico, centro de Veracruz, México y el posible impacto ambiental. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.),* 25(3):673-681.

Martínez, M. I., Lumaret, J. P., Ortiz, Z. R. y Kadiri, N. 2017. The effects of sublethal and lethal doses of ivermectin on the reproductive physiology and larval development of the dung beetle *Euonticellus intermedius* (Coleoptera: Scarabaeidae). *The Canadian Entomologist*, 149:461-472.

Mottier, L. y Lanusse, C. 2001. Bases moleculares de la resistencia a fármacos antihelmínticos. *Revista de Medicina Veterinaria-Buenos Aires*, 82:74-85.

Nari, A. 2001 Diagnóstico y control de resistencia antihelmíntica en pequeños rumiantes. Memorias. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Mérida, Yucatán.

Nari, A., Hansen, J., Eddi, C. y Martins, J. 2000. *Control de la resistencia a los antiparasitarios a la luz de los conocimientos actuales*. Red de Helmintología Veterinaria de América Latina y El Caribe. 16 pp.

Nobelprize.org. 2015. Nobel Prize in physiology or medicine with one half jointly to William C. Campbell and Satoshi mura for their discoveries concerning a novel therapy against infections caused by roundworm parasites and the other half to Youyou Tu for her discoveries concerning a novel therapy against malaria. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2015/.

OECD (**Organization for Economic Cooperation and Development**). 2009. OECD Environmental Health and Safety Publications. Series on testing and assessment. Guidance document on the determination of the toxicity of a test chemical to the dung beetle *Aphodius constans* (Draft). http://www.oecd.org/dataoecd/42/48/44052428.pdfAccessed.

Pérez-Cogollo, L. C., Rodríguez-Vivas, R. I., Ramírez-Cruz, G. T. y Rosado-Aguilar, J. A. 2010. Survey of *Rhipicephalus microplus* resistance to ivermectin at cattle farms with history of macrocyclic lactones use in Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 172:109-113.

Perry, B. D. y Randolph, T. F. 1999. Improving the assessment of the economic impact parasitic diseases and of their control in production animals. *Veterinary Parasitology*, 84:145-168.

Pisa Agropecuaria®. 2012. *Efectividad de la ivermectina al 3.15% para controlar y eliminar nematodos gastrointestinales en bovinos en pastoreo*. www.ganaderia.com.mx (publicado el 25/09/12).

Prontuario de Especialidades Veterinarias. 2004-2005. Edición 24, Thomson PLM, México.

Quiroz, R. H. 2012. *Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos*. Editorial Limusa S. A. de C. V., México.

Rodríguez-Vivas, R. I. 2005. *Enfermedades de importancia económica en producción animal*. McGraw Hill. 1a. ed. México. 661 pp.

Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., Pérez de León, A. A., Silva, V. H., Torres-Acosta, J. F. J., Fragoso, S. H., Romero-Salas, D., Rosario, C. R., Saldierna, F. y García C. D. 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*, 8:61-74.

Rodríguez-Vivas, R. I., Ojeda-Chi, M. M., Trinidad-Martínez, I. y Pérez de León, A. A. 2017. First documentation of ivermectin resistance in *Rhipicephalus sanguineus* sensu lato (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology*, 233:9-13.

SAGARPA (**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación**). 2009. *Manual de buenas prácticas pecuarias en unidades de producción de leche bovina*. 1ª ed. Gobierno Federal, SAGARPA, SENASICA. 108 pp.

Scheffcyk, A., Floate, K. D., Blanckenhorn, W. U., Düring, R.-A., Klockner, A., Lahr, J., Lumaret, J. P., Salomon, J.A., Tixier, T., Wohde, M. y Römbke, J. 2016. Nontarget effects of ivermectin residues on earthworms and springtails dwelling beneath dung of treated cattle in four countries. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(8):1959-1969.

SENASICA (**Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria**), 2016. Salud animal. Acciones para mejorar el estatus zoosanitario del país. https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/acciones-estrategicas-de-salud-animal, consultado el 18 de septiembre de 2017.

_____ . 2017. Límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes. Actualización junio 2017. https://www.gob.mx/senasica/documentos/limites-maximos-de-residuos-toxicos-y-contaminantes?state=published, consultado el 19 de enero de 2018.

Suárez, V. H., Lifschitz, A. L., Sallovitz, J. M. y Lanusse, C. E. 2009. Effects of faecal residues of moxidectin and doramectin on the activity of arthropods in cattle dung. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72:1551-1558.

Tamsborg, S. M., Roepstoff, A. y Larsen, M. 1999. Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Veterinary Parasitology*, 84(3-4):169-186.

Taylor, M. A. 2001. Recent developments in ectoparasiticides. *The Veterinary Journal,* 161:253-268.

Tixier, T., Blackenhorn, W. U., Lahr, J., Floate, K., Scheffczyk, A., Düring, R.-A., Wohde, M., Römbke, J. y Lumaret, J.-P. 2016. A four-country ring test of nontarget effects of ivermectin residues on the function of coprophilous communities of arthropods in breaking down livestock dung. *Environmental Toxicology and Chemistry,* 35(8):1953-1958.

Valderrama P., A. A. 2016. Prevalencia de fasciolasis en animales poligástricos de Perú. *Revista de Medicina Veterinaria*, 32:121-129.

Vilaboa, A. J. y Díaz, R. P. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical,* 27(4):427-436.

Vilaboa-Arróniz, J., Díaz-Rivera, P., Ruiz-Rosado, O., Platas-Rosado, D. E., González-Muñoz, S. y Juárez-Lagunes, F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems,* 10(1):53-62.

VICH (**International Cooperation on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Veterinary Medicinal Products**). 2004. Environmental impact assessment for veterinary medicinal products. Phase II Guidance, VICH GL38 (Ecotoxicity Phase II) for implementation at step 7. http://www.vichsec.org/pdf/10 2004/GL38_st7.pdf.

_____ . 2015. VICH Priorities. Phase 4:2016-2020. VICH/15/008, 31 October 2015, final. [http://www.vich.org].

Waller, P. 1999. International approaches to the concept of integrated control of nematodes parasites of livestock. *International Journal for Parasitology*, 29:155-164.

Wohde, M., Blanckenhorn, W. U., Floate, K. D., Lahr, J., Lumaret, J. P., Rombke, J., Scheffczyk A., Tixier, T. y During, R.A. 2016. Analysis and dissipation of the antiparasitic agent ivermectin in cattle dung under different field conditions. *Environmental Toxicology and Chemistry,* 35(8):1924-1933.

Zárate, R. J. 2005. Parásitos de rumiantes. *Segundo simposium sobre enfermedades que afectan a los bovinos en el sistema vaca/becerro*. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. 104 pp.

Restauración de paisajes:
LOS ÁRBOLES FUERA Y DENTRO DE LOS POTREROS

Guadalupe Williams-Linera, Fabiola López-Barrera, Martha Bonilla-Moheno, Tarin Toledo-Aceves, Alfonso Suárez-Islas

Los árboles y arbustos nativos, fuera y dentro de los potreros, generan beneficios importantes para la productividad, la retención y mejora del suelo, el manejo del recurso agua, además proveen de hábitat y alimento a la fauna silvestre y no menos importante, conforman paisajes hermosos. Esta contribución presenta una breve revisión del concepto de paisaje y de cómo restaurarlo a partir de variadas estrategias encaminadas a recuperar la integridad ecológica, enfatizando el papel de árboles y arbustos nativos en los potreros, considerando el paisaje donde están inmersos. También se aborda la importancia de empatar las estrategias de restauración, dependiendo de los sitios y las especies de árboles, dentro del contexto de ganadería sustentable para ayudar a revertir problemas de deterioro de ecosistemas y pérdida de la biodiversidad. Se concluye con algunos ejemplos de especies arbóreas que pueden cumplir funciones directas en los sistemas ganaderos y enriquecer y restaurar el paisaje.

Árboles y arbustos fuera del potrero: creando paisajes multifuncionales

El término paisaje se refiere a un territorio o región geográfica donde coexisten ecosistemas naturales y transformados que permiten el desarrollo de sistemas biológicos y actividades humanas (Figura 1). Los paisajes son el resultado de procesos abióticos, bióticos y de historia de uso, lo que les confiere una naturaleza dinámica (Antrop, 1998).

Una de las principales características de los paisajes es la heterogeneidad, la cual está dada por el patrón de distribución y extensión de los fragmentos o unidades que lo componen, los cuales tienen rasgos únicos que los distinguen de otros, principalmente relacionados con vegetación y cobertura del suelo. Este mosaico de coberturas, con distinto propósito (por ejemplo, producción, recreación, conservación), les confiere multifuncionalidad ecológica y socioeconómica, la cual es reconocida como condición para la sustentabilidad (Hodbod *et al*., 2016). Sin embargo, la intensificación de los sistemas agropecuarios para asegurar la demanda alimentaria ha promovido la homogeneización y simplificación de los paisajes, sobre todo en zonas forestales tropicales.

Figura 1. Paisaje modificado del bosque de niebla en el centro de Veracruz, que muestra el mosaico de usos de suelo. Cuando estas diferentes áreas inician un proceso de restauración, las técnicas implementadas deberán ser acordes con las condiciones del sitio y del paisaje (Foto: T. Morales Vera).

El paisaje multifuncional cumple con varias funciones de forma simultánea (Rodenburg y Nijkamp, 2004) donde coexisten diversas estrategias de manejo que proveen bienes materiales e inmateriales (Barkmann *et al*., 2004; Dewi *et al*., 2013), al tiempo que conservan la biodiversidad y funciones del ecosistema (Dewi *et al*., 2013). Los paisajes multifuncionales proporcionan seguridad alimentaria, oportunidades de sustento económico, mantenimiento de especies y funciones ecológicas, por lo que satisfacen necesidades de las comunidades locales y aportan beneficios a mayores escalas.

Además de conservar los paisajes multifuncionales ya existentes, es importante promover su restauración o creación, considerando aspectos ecológicos, productivos, socioeconómicos y culturales. Para alcanzar esta meta, idealmente se identifican las áreas óptimas donde pueden desarrollarse distintas estrategias de conservación y restauración, priorizando las partes que requieren ser intervenidas con urgencia. Debido a que estos aspectos implican un nivel de complejidad mayor, se requiere de enfoques multidisciplinarios. Dentro de este contexto se han desarrollado las iniciativas de restauración forestal a escala del paisaje.

La restauración del paisaje forestal es el conjunto de estrategias encaminadas a recuperar la capacidad de un paisaje para proveer de forma consistente y a largo plazo, los servicios ambientales esenciales para el mejoramiento del bienestar social y la integridad ecológica. Este concepto permite elegir las estrategias de manejo más adecuadas a escala de sitio, considerando su contexto en el paisaje. Aquí es importante resaltar que no se busca regresar al estado o cobertura original de los paisajes forestales, sino fortalecer su resiliencia (capacidad para recuperarse de un disturbio o perturbación), recuperar su funcionalidad y promover la sostenibilidad de los servicios que provee. Para alcanzar la restauración del paisaje es necesario partir de un proceso participativo y un manejo adaptativo que involucre a los actores que decidirán y realizarán las estrategias que más convengan, social y ecológicamente. De esta forma, la perspectiva de restauración del paisaje forestal busca maximizar su funcionalidad a partir de la incorporación de las complejas y dinámicas interacciones entre las comunidades humanas, los recursos naturales y el uso del suelo, al tiempo que es aplicable para bosques degradados, secundarios y hasta para sistemas agrícolas que no han alcanzado diversidad, composición o función óptimas (OIMT, 2005).

Aunque existen distintas herramientas para planificar la restauración, a nivel paisaje, en general se busca que aseguren la resiliencia y conectividad de los ecosistemas, integren distintas unidades de paisaje, como los potreros arbolados y otros sistemas agroforestales (no únicamente áreas forestales), sean sostenibles a largo plazo y aporten al bienestar humano (OIMT, 2005). El resultado

es una estrategia de planeación e intervención con elevado beneficio ambiental y social donde convergen múltiples estrategias de manejo, así como la integración de actores sociales con diversos intereses. La restauración de paisajes forestales es una forma de optimizar el uso del suelo, generalmente para devolver un paisaje a un estado que contenga un conjunto mínimo de características biofísicas, por ejemplo, suministro de agua limpia, incorporación de la biodiversidad, o simplemente devolver un sitio muy degradado a un nivel aceptable de funcionamiento. Las estrategias de restauración deben contemplar un buen diagnóstico, así como la participación de tomadores de decisiones familiarizados con las reglas (explícitas e implícitas) de uso del suelo y manejo local de recursos naturales, para asegurar que éstas son concordantes con las estrategias propuestas y se garantice su monitoreo, manejo adaptativo y mantenimiento a largo plazo.

Estrategias y técnicas para restaurar un paisaje

Para crear y restaurar paisajes multifuncionales existen diversas técnicas que se pueden utilizar y que incluyen a los sistemas silvopastoriles. Aquí nos enfocamos en la restauración de la cobertura forestal a nivel paisaje (árboles fuera de los potreros). Se revisan las dos grandes estrategias conocidas, como la restauración pasiva y la activa, dentro de ésta última se describen las técnicas disponibles (Figura 2).

Figura 2. Algunas de las técnicas de intervención para la restauración del paisaje forestal: a y b) el mismo sitio en 1995 y 2014, respectivamente, se observa cómo con la exclusión del ganado en 1995 en Huatusco, Veracruz, se restaura de forma natural (restauración pasiva) y se recupera la cobertura forestal (www.bosquedeniebla.com); c) diseño de una plantación en forma de núcleo con 12 especies de árboles nativos, en Xico, Veracruz; d) refugio de fauna; e) perchas artificiales; f) colectores de semillas para realizar la nucleación de semillas; g) siembra directa de semillas protegidas para que no sean removidas dentro de bosques perturbados (Fotos: c, d, e, f y g: F. López-Barrera. Elaboró Jorge Cordova).

a) Restauración pasiva

La restauración pasiva se refiere al proceso de sucesión secundaria o de regeneración natural de un sitio en uso agrícola o pecuario después de que se abandona y se detiene el disturbio. Esta estrategia funciona cuando la degradación del sitio es moderada y existen fuentes de colonización de flora y fauna (Holl y Aide, 2011). Los sitios apropiados son aquellos donde el disturbio ocurrió recientemente y no fue intenso ni extenso, por lo que puede existir el suelo original, semillas en el banco de semillas del suelo o plántulas y rebrotes de la vegetación nativa. Los sitios cercanos a fragmentos remanentes de bosques tienen la ventaja de poder colonizarse más rápidamente que aquellos que se encuentran más aislados.

Esta estrategia es conveniente cuando los recursos humanos y económicos están limitados, o bien cuando se trata de áreas poco accesibles. Existen algunas desventajas debido a que la regeneración natural de algunos ecosistemas puede durar mucho tiempo. El primer paso es la protección del sitio ante disturbios futuros, permitiendo que la colonización natural y el proceso de sucesión secundaria recuperen la biodiversidad y estructura del ecosistema. Estos sitios deben ser monitoreados, porque pueden ser susceptibles a la invasión de especies exóticas o malezas que interfieran con el proceso de recuperación. En el caso de los ecosistemas boscosos la restauración pasiva de algunas áreas se puede dar al excluir los sitios del ganado o abandonarlos (cuando se saca completamente el ganado dentro del sitio).

En el centro de Veracruz, la restauración activa (ver siguiente sección)demostró ser más efectiva que la pasiva, en términos de recuperación de la estructura de la vegetación del bosque (por ejemplo, área basal, densidad y altura de los árboles más altos), pero en diversidad de árboles adultos fue similar en todos los sitios de restauración y en el bosque maduro, aunque la composición de especies difirió mucho (Trujillo-Miranda *et al.*, 2018); aparentemente, las estrategias de restauración activa y pasiva podrían implementarse de forma complementaria para la restauración de paisajes.

b) Restauración activa

La restauración activa consiste en intervenir un sitio para acelerar su recuperación y dependerá de las necesidades del sitio, de los recursos económicos y humanos, de la urgencia social y de las capacidades locales y regionales para el establecimiento, mantenimiento y monitoreo de las acciones a largo plazo. Un primer paso importante es el diagnóstico inicial del sitio y de su paisaje, para establecer las técnicas más adecuadas. La falta de identificación de los factores limitantes en cada sitio puede provocar una pérdida de tiempo y de gran cantidad de recursos humanos y financieros. Muchos proyectos comienzan a intervenir los sitios sin haber caracterizado cómo están los suelos, la fauna y la biota. Esto ocurre muchas veces por las presiones de las financiadoras o porque quienes ejecutan la restauración quieren ver resultados rápidamente. A continuación se enlistan las técnicas disponibles para recuperar la diversidad de árboles y arbustos fuera de los potreros.

1. Manejo de la sucesión secundaria o regeneración natural asistida

La regeneración natural asistida tiene como fin acelerar el proceso de sucesión secundaria o de recuperación de un bosque. Al inicio de la sucesión, algunas especies de pastos, arbustos, lianas y helechos pueden inhibir la regeneración arbórea y competir con plántulas y juveniles, tanto arriba como abajo del suelo. Muchas de estas especies que pueden detener o arrestar la sucesión son exóticas o ajenas a los ecosistemas naturales, pero pueden también ser especies nativas que bajo ciertas condiciones se comportan como invasoras y detienen la regeneración natural.

El manejo que se puede dar cuando no existe regeneración de árboles incluye diversas estrategias, como la eliminación de especies, es decir, la extracción única, selectiva o periódica de algunas especies de plantas o animales para favorecer a otras. El ejemplo más típico de esta actividad es ubicar plántulas, juveniles o tocones, a proteger y eliminar la maleza o estrato herbáceo alrededor para incrementar la supervivencia de los árboles y acelerar su crecimiento.

Otra técnica es el enriquecimiento o introducción de especies de árboles debajo de la cubierta de bosques degradados o secundarios. En muchos bosques secundarios la biodiversidad no es alta, porque el constante disturbio o la extracción selectiva han provocado la pérdida de especies de árboles importantes. En estos bosques secundarios empobrecidos la introducción de especies clave, o de alto valor, ayudan a los procesos de regeneración natural. Por ejemplo, puede ser necesario incrementar rápidamente la población de una especie que tiene dificultades para regenerarse de forma natural (Atondo-Bueno *et al*., 2018), o pueden ser especies amenazadas, con semillas muy grandes que son poco dispersadas o dependientes de dispersores no existentes.

2. Plantaciones extensivas o reforestación en sitios abiertos

El establecimiento de árboles obtenidos en viveros es la técnica más empleada para acelerar el proceso de recuperación del bosque. Las plantaciones permiten la rápida revegetación de áreas degradadas. Es deseable establecer plantaciones con muchas especies nativas pertenecientes a los diferentes grupos ecológicos o funcionales. Las especies se deben seleccionar de acuerdo con las condiciones del sitio y la meta de la restauración, la cual puede incluir criterios de la población local, como especies con muchas funciones. Pueden ser especies de rápido crecimiento para excluir malezas, especies con relaciones mutualistas con fauna silvestre, o especies raras, en peligro o sólo presentes en pequeñas áreas. Las ventajas son que algunas especies en ciertas áreas tienen altas tasas de crecimiento y sobrevivencia, por lo que se establecen rápidamente y facilitan revegetar grandes áreas. La principal desventaja es el costo alto por la recolección de semillas, producción de vivero, transportación, preparación previa como la eliminación de malezas, trasplante en los sitios y algunas veces la necesidad de un chapeo continuo.

3. Siembra directa de semillas en sitios abiertos

La velocidad de la sucesión secundaria puede estar limitada por la poca o nula llegada de semillas en los sitios. Una manera de acelerar la sucesión es la introducción de semillas. Las formas de introducirlas varían, desde las semillas sembradas una a una de forma manual, hasta casos en que son dispersadas masivamente desde el aire con avionetas. Las semillas pueden introducirse protegidas para no ser depredadas o con sustratos para que no se pierdan por gravedad en laderas.

La ventaja de la siembra directa de semillas es su bajo costo ya que al no ser necesario producir plántulas, la siembra se puede hacer masivamente en paisajes, incluyendo lugares de difícil acceso. A nivel comercial existen mezclas de semillas con geles que contienen agua y nutrientes o adhesivos para asegurar que las semillas se establezcan en los sustratos. Las semillas, para establecerse exitosamente una vez que germinan, deben competir con las malezas y el estrato herbáceo y muchas de las especies utilizadas no logran sobrevivir si existe un estrato herbáceo bien desarrollado. Algunas semillas se pierden por la depredación y remoción por parte de insectos, mamíferos y aves. Aunque esas proporciones de pérdida pueden compensarse sembrando grandes cantidades de semillas, sólo pocas especies se utilizan y, para

apreciar el impacto en el ecosistema se deben utilizar grandes cantidades de semillas. En muchos casos únicamente una pequeña proporción de semillas llega a establecerse y sobrevivir, por ello es importante hacer pruebas piloto con las especies de interés.

4. Nucleación

La nucleación en las comunidades vegetales es un proceso de facilitación (cuando una planta genera condiciones propicias para el establecimiento de otra especie) en el que una especie forma centros o núcleos de establecimiento para el subsecuente crecimiento de otras plantas colonizadoras (Yarranton y Morrison, 1974). Esta relación positiva posibilita que la sucesión secundaria avance o incremente la tasa de la colonización. La nucleación en el contexto de la restauración ecológica se ha definido como un conjunto de técnicas que tienen como objetivo la formación de microhábitats que en situaciones favorables fomentan la regeneración natural (Reis *et al.*, 2003).

Las técnicas se basan en el movimiento de suelo, microorganismos, dispersores de semillas, semillas y plantas de sitios conservados (fuentes) a sitios degradados (áreas en restauración). Desde el punto de vista de la restauración de paisajes, la nucleación potencialmente puede aumentar su conectividad. En ese sentido los flujos de especies se pueden dar en dos sentidos, a partir de los remanentes de vegetación del sitio y del paisaje que lo rodea.

Para utilizar la nucleación es muy importante entender los procesos de facilitación que potencialmente se pueden dar en cada sitio (Zahawi *et al.*, 2013). Al diseñar un proyecto de nucleación, el diagnóstico deberá incluir una evaluación piloto de las técnicas que pueden ser complementarias a la reforestación. La nucleación suele ser menos costosa que las plantaciones convencionales y pueden utilizarse de manera simultánea en el tiempo y el espacio, de manera secuencial en un proyecto, o diferentes técnicas se pueden emplear en diferentes parches de vegetación en restauración. La nucleación incluye varias técnicas (Reis *et al.*, 2010):

Núcleos de semillas y plántulas. Esta técnica es similar a la siembra directa de semillas, con la diferencia de que las semillas introducidas representan las formas de vida que pueden colonizar un sitio (lianas, hierbas, arbustos, árboles y epífitas) y la composición de especies que la comunidad de modo potencial podría tener en la sucesión ecológica. Las semillas se colectan en trampas o colectores de semillas instalados de forma permanente en sitios con bosques y paisajes relativamente conservados y las colectas de semillas pueden ser introducidas de manera directa en los sitios a restaurar.

Núcleos de árboles y arbustos. Esta técnica consiste en la reforestación o plantación agrupada de árboles y/o arbustos en sitios estratégicos en un paisaje. Las plantas pueden provenir de semillas o de reproducción vegetativa (por ejemplo, esquejes o estacas) pero se recomienda que estos parches sean densos para que cambien rápidamente a un microambiente adecuado para plantas colonizadoras intermedias o tardías de la sucesión secundaria y para los dispersores de semillas. La formación de estas islas de árboles y arbustos puede tener diferentes metas, por lo que el número de individuos y el número y tipo de especies a introducir dependerá de las condiciones del sitio (Holl, 2015). Si se desea hacer islas de biodiversidad se introducen muchas especies diferentes e importantes para la conservación y si se desea hacer islas para atraer a la fauna se utilizan especies de árboles con frutos atractivos para la fauna (Cole *et al.*, 2010). En sitios muy degradados se requieren especies que mejoren las condiciones y se pueden escoger especies de rápido crecimiento, fijadoras de nitrógeno y buenas competidoras con herbáceas y arbustos.

Refugios de fauna. Los refugios de fauna consisten en crear hábitats para los dispersores y/o depredadores de semillas, quienes al usarlos pueden incrementar la flora y la fauna. El hábitat se crea con pilas de madera y materiales naturales del bosque y actúa como refugio natural para diversos animales, desde insectos hasta mamíferos y aves, formando cadenas alimenticias que pueden repercutir en el mediano y largo plazo en la recuperación del sitio. Las pilas de la materia orgánica se descomponen en el suelo, formando capas de humus y ayudando a la restauración de la biota del suelo. También se pueden crear cuerpos de agua o charcas artificiales y se pueden instalar refugios y dispositivos de madera para aves y murciélagos.

Perchas artificiales. Una de las prácticas en la restauración en áreas abiertas es la utilización de perchas para aves. Esta práctica surge a partir de los estudios del uso de los paisajes por las aves y su papel como dispersoras de semillas de especies de los bosques conservados. Igualmente se está poniendo más atención en los murciélagos frugívoros ya que pueden ser dispersores más eficientes que las aves en algunos sitios tropicales. Conjuntando esto y basado en observaciones, se pensó que el establecer perchas artificiales para que las aves puedan posarse y defecar semillas incrementaría la regeneración de la vegetación. Se han utilizado postes de madera de 5 a 10 m de altura para servir como perchas para las aves y los murciélagos. Las perchas sirven para descansar, forrajeo y sitios de letrinas, que también representan un lugar de alimentación para animales granívoros. Los diseños de las perchas han sido variados y se utilizan materiales naturales y artificiales. Varios autores han reportado el incremento en la cantidad y tipo de semillas que llegan al sitio debajo de las perchas con respecto a sitios abiertos que no tienen perchas (Zanini y Ganade, 2005; Laborde *et al*., 2011). Sin embargo, que una semilla llegue a un micrositio no es garantía de que podrá germinar y emerger; las técnicas de perchas deben de ir acompañadas de otras técnicas debajo para facilitar el establecimiento de las semillas que arriben (Reid y Holl, 2013).

Translocación de suelos. La translocación de suelos es la colecta, el transporte y la colocación del suelo desde un ecosistema conservado o sitio donante al sitio que se va a restaurar o sitio receptor. Los suelos forestales en ecosistemas de referencia contienen nutrientes, microorganismos, micorrizas, semillas y organismos que pueden servir como núcleos de regeneración en áreas degradadas a restaurar. La introducción de tierra vegetal de las áreas naturales remanentes más cercanas es una práctica útil para recuperar las diferentes formas de vida y acelerar el proceso sucesional.

Combinación de técnicas y escalas espaciales de aplicación

Todas las técnicas revisadas pueden alternarse en el tiempo y en el espacio, no son excluyentes, todo depende del diagnóstico inicial de los factores limitantes para la regeneración del sitio y del monitoreo (López-Barrera *et al*., 2017). Incluso la restauración pasiva es un proceso continuo que no se detiene y acompaña siempre en mayor o menor medida las técnicas de restauración activa. Adicionalmente, se deben considerar las técnicas que tengan mayor probabilidad de ser adoptadas y monitoreadas por los productores, en su contexto productivo y cultural. Las técnicas aquí descritas muestran cómo a nivel paisaje existe un abanico amplio de técnicas y estrategias para lograr metas relacionadas con cada sitio. En contextos agropecuarios los elementos remanentes en el paisaje (como los árboles en los potreros), cumplen la función de núcleos que promueven el establecimiento de más especies de plantas leñosas.

Árboles dentro de los potreros

En esta sección nos enfocamos en el componente arbóreo y arbustivo dentro de los potreros y su contribución a la integridad del paisaje. Los árboles nativos en potreros ya sea como remanentes de la cobertura del suelo anterior, o intencio-

nalmente fomentados o plantados, proporcionan beneficios económicos y ambientales al rancho como unidad productiva y son un componente importante para su manejo. Un sistema silvopastoril es una opción productiva de la tierra, donde se manejan de forma integral los árboles y otras leñosas perennes con el ganado, las herbáceas forrajeras, el suelo y el agua, buscando que las interacciones entre dichos componentes sean favorables y se minimicen los efectos negativos (Pezo e Ibrahim, 1999).

Los árboles proporcionan al ganado sombra y protección contra el viento. Bajo la copa de los árboles la temperatura es de 2 a 9.5 °C menor que en áreas abiertas adyacentes (Reynolds, 1995). Esta reducción en la temperatura tiene implicaciones directas en la disminución del estrés por calor, muy importante en los bovinos de razas europeas criadas en zonas subtropicales y tropicales. Los efectos benéficos de la sombra se traducen en más tiempo dedicado al pastoreo y rumia, mayor consumo de alimentos, disminución de los requerimientos de agua de los animales, incremento de la eficiencia en la conversión alimenticia, beneficios en la ganancia de peso, mejoras en el comportamiento reproductivo y reducción en la tasa de mortalidad de animales jóvenes. El efecto de la protección contra el viento es más notable en zonas frías, donde es importante reducir factores que inciden en enfermedades como la neumonía, especialmente en animales jóvenes (Pezo e Ibrahim, 1999).

El follaje, los frutos e incluso la corteza de muchos árboles y arbustos proveen de forraje a varias especies de animales domésticos. La disponibilidad energética del follaje en muchas especies arbóreas y arbustivas es similar o superior a la de muchos pastos forrajeros tropicales (Benavides, 1994). Las leguminosas leñosas destacan por ser ricas en proteína cruda, vitaminas y la mayoría de los minerales, excepto el sodio. Sin embargo, la presencia de metabolitos secundarios, como taninos, mimosina y saponinas, pueden tener efectos perjudiciales sobre la digestibilidad, el consumo y el comportamiento animal; para disminuir estos inconvenientes el enfoque de mejoramiento de las especies forrajeras ha sido seleccionar los genotipos con mejores características nutrimentales (Pezo *et al*., 1990).

Otro efecto benéfico de los árboles y arbustos nativos en los potreros es el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Estas especies leñosas poseen sistemas radiculares pivotantes (en los que hay una raíz central dominante), que extraen nutrientes de zonas más profundas del suelo adonde no llegan las raíces de las herbáceas. De esta manera, a través de la producción y posterior descomposición de la biomasa, las leñosas contribuyen al ciclaje de nutrientes, haciéndolos más disponibles para las herbáceas forrajeras una vez que se incorporan al suelo (Nair, 1993). El papel de las leguminosas leñosas en la fijación del nitrógeno es uno de sus atributos más valorados para ser incorporadas en sistemas silvopastoriles; se ha documentado que las leguminosas arbóreas fijan hasta 300 kg de nitrógeno por hectárea al año (Dart, 1994).

En potreros, los árboles dispuestos en forma lineal (las cercas vivas), contribuyen a la conservación de la biodiversidad e incrementan la conectividad entre diferentes elementos del paisaje, al actuar como corredores biológicos entre fragmentos de bosque, bosques ripariosy árboles aislados. De esta forma, las cercas vivas funcionan como puntos de descanso (perchas), acceso a alimento y hábitat, facilitando el movimiento de diferentes especies de pájaros, murciélagos, escarabajos y mamíferos no voladores, las cuales actúan como dispersores de semillas de especies forestales de bosques vecinos (Hinsley y Bellamy, 2000).

Los árboles dispersos en los potreros son un componente esencial de algunos paisajes veracruzanos. Inmersos en las zonas abiertas o rodeadas por ellas, se encuentran numerosos y esparcidos árboles o conjuntos de árboles que le dan al paisaje transformado una fisonomía particular, incluyen pequeños fragmentos de selva o bosque remanente, vegetación ribereña, cercas vivas y árboles aislados (Laborde *et al*., 2011). Junto con las cercas vivas, estos árboles aislados atraen aves y murciélagos frugívoros y crean condiciones microclimáticas que enriquecen las interacciones bióticas, la dispersión de semillas y la diversidad de especies (Laborde *et al*., 2011). Las plántulas que germinan bajo la sombra y protección de árboles en cercas vivas o dispersos en potreros encuentran mejores condiciones microclimáticas para su supervivencia y crecimiento, de esta manera aceleran los procesos de sucesión (recuperación natural de la vegetación) en tierras degradadas (Harvey *et al*., 2005; Chacón y Harvey, 2006).

Las alternativas silvopastoriles más intensivas pueden liberar la presión de pastoreo en áreas poco productivas para la ganadería, por ejemplo, sitios con pendientes y suelos pedregosos de baja fertilidad, permitiendo destinarlas a la recuperación de los ecosistemas originales (Chara *et al*., 2015). Los sistemas silvopastoriles intensivos integran un arreglo de varios estratos de arbustos forrajeros en alta densidad para el ramoneo directo del ganado y se emplean pastos tropicales seleccionados asociados a árboles maderables y/o frutales (Murgueitio *et al*., 2015). Diversas experiencias en ranchos ganaderos de Colombia y México que incorporan especies de arbustos como *Leucaena* spp., *Guazuma ulmifolia* y *Tithonia diversifolia*, tuvieron mejoras en la productividad forrajera y animal (carne y leche) y demostraron rentabilidad al generar ingresos netos y tasas de retorno superiores a otras opciones de ganadería convencional (Murgueitio *et al*., 2015). Esto puede ser un incentivo para el ordenamiento ambiental a nivel predial y del paisaje, contribuyendo al uso sustentable de la tierra y la recuperación de los servicios ambientales de los agroecosistemas.

Importancia de empatar estrategias-sitios-especies

Los estudios ecológicos han mostrado que no todas las especies de árboles sobreviven y crecen igual en las diferentes áreas de un paisaje. Las especies tienen requerimientos específicos y diferente tolerancia a cambios en el suelo, temperatura, humedad o depredadores. Por ejemplo, especies que requieren de condiciones de sombra y que no van a prosperar en sitios abiertos o especies que requieren condiciones muy específicas de temperatura, humedad o suelo, es decir, un tipo de hábitat distinto al que encontrarían en potreros o cercas vivas. Sin embargo, esas especies pueden promoverse con fines de conservación y enriquecimiento de bosques secundarios, bosques riparios, instalación de refugios de fauna o para rehabilitación en sitios de extracción de materiales (Figura 3).

Una consideración importante es incorporar el conocimiento de los propietarios locales en la tarea de seleccionar el grupo de especies que serán utilizadas, tanto

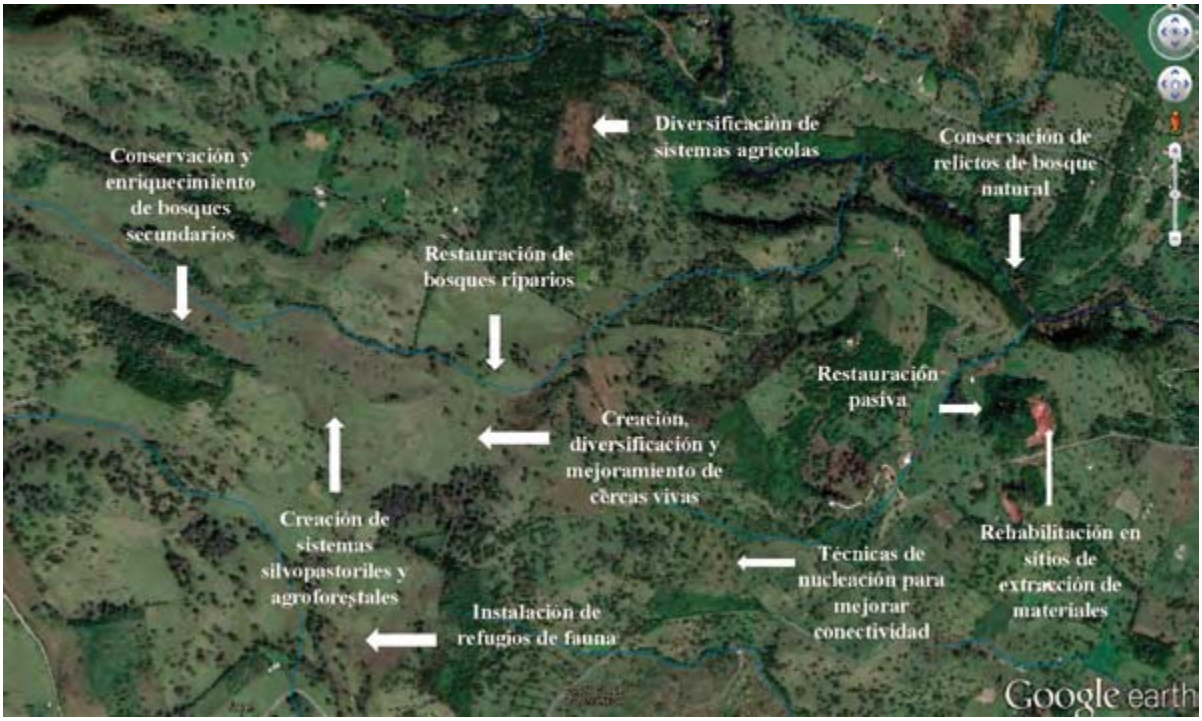

Figura 3. Ejemplo de implementación de estrategias y técnicas, a nivel del paisaje, para recuperar su integridad ecológica. Los árboles y arbustos nativos son los elementos clave en todas estas acciones y de acuerdo con sus características pueden "empatarse" con algunas de estas estrategias (Fuente: F. López-Barrera, a partir de la imagen de un paisaje del centro de Veracruz tomada de Google Earth®).

dentro de los potreros como en áreas adyacentes. Se debe elegir el mejor lugar para el establecimiento de cada especie de árbol ya que la exactitud en el empate especie-sitio resulta en la obtención de productos, servicios y satisfacción por parte del productor y tasas de supervivencia y crecimiento óptimas.

Dependiendo de las necesidades de los dueños y de las condiciones de los diferentes componentes del paisaje, se deben cultivar las especies de árboles nativos adecuadas. La selección de las especies debe considerar el objetivo que se quiere lograr a corto plazo, pero también tratar de visualizar la recuperación de la integridad ecológica del paisaje. Para ello, de la misma forma que se desea tener paisajes que cumplan múltiples funciones, se pueden buscar especies de árboles nativos para proveer variados recursos y servicios. Algunas especies pueden tener una importancia mayor por la calidad de su madera, mientras otras pueden ser más benéficas para recuperar la fertilidad del suelo, o para proveer recursos para la fauna.

La creación de sistemas silvopastoriles, incluyendo la diversificación de árboles para la sombra de los pastizales y mejoramiento de cercas vivas se está popularizando debido a los beneficios que los paisajes silvopastoriles han tenido en los neotrópicos y en México. En particular, en Veracruz, se tienen excelentes ejemplos de ganadería sustentable a lo largo del gradiente altitudinal.

En el centro de Veracruz, en la región de selva baja caducifolia del municipio de Paso de Ovejas, la población local ha reportado 76 especies de árboles de selva baja caducifolia, considerados de interés para diversos fines y que además son manejados en sistemas agroforestales y silvopastoriles. Algunas de las categorías de uso son: construcción rural, maderable, leña, fijación de nitrógeno y recursos de hábitat y alimento para la fauna silvestre. Alrededor de 15 especies útiles están relacionadas con la ganadería y los sistemas silvopastoriles como: forraje, cercas vivas, sombra y madera (Suárez *et al*., 2012, 2015). Por ejemplo, las especies de madera durable en la intemperie, como el moreno (*Chloroleucon mangense*), guaje sabana (*Lysiloma acapulcense*), quiebracha (*Diphysa carthagenensis*), moral (*Maclura tinctorea*) y flor de día (*Tabebuia chrysantha*) son muy valoradas, principalmente para postes de cercas y madera rolliza y/o escuadrada para la construcción de corrales, mangas y embarcaderos. Como forraje son importantes los brotes tiernos de guaje de indio (*Leucaena lanceolata*), cocuite (*Gliricidia sepium*), guazamo (*Guazuma ulmifolia*), así como los frutos de la última especie y los del espino blanco (*Acacia cochliacantha*), huizache (*Acacia pennatula*), el moreno, tihuixtle (*Caesalpinia cacalaco*) y frijolillo (*Senna atomaria*). Los principales árboles de sombra son el guaje sabana, el moral, el frutillo (*Ehretia tinifolia*) y la higuera de burro (*Ficus cotinifolia)* los cuales provienen de la regeneración natural y son protegidos y mantenidos dentro del potrero por los ganaderos (Suárez *et al*., 2015).

En contraste con el elevado número de especies con importancia cultural, relacionada con la ganadería, que se utilizan en selvas de tierras bajas, para la región del bosque de niebla, son pocas las especies de árboles que se mencionan en la literatura como útiles en ganadería, como sombra para ganado o para forraje. Por ejemplo, para Chiapas se mencionan cinco especies de árboles y arbustos (*Montanoa leucantha*, forrajera para ovinos; *Ehretia latifolia*, forrajera; *Cornus disciflora*, forrajero; *Calliandra houstoniana*, forrajera; *Myrsine coriacea*, sombra para ganado; Ramírez-Marcial *et al*., 2010). En Veracruz, el ilite (*Alnus jorullensis*) se usa para evitar erosión, para establecer o enriquecer sistemas silvopastoriles (Benítez *et al*., 2004), así como *Alnus acuminata* como forraje para complementar la dieta del ganado e incrementar la producción de leche, mientras que *Alchornea latifolia* se menciona por su uso del follaje como forraje para los caballos, burros y mulas y el uso de las hojas de jonote (*Heliocarpus donnellsmithii*) como forraje (Niembro *et al*., 2010). Además, destaca el sistema silvopastoril que están usando en Las Cañadas, Huatusco, Veracruz ya que han probado cinco especies de árboles nativos: ilite (*Alnus acuminata*), huizache (*Acacia pennatula*), guaje (*Leucaena diversifolia*), colorín (*Erythrina americana*) y caliandra (*Calliandra* spp.). El árbol que funcionó mejor fue el ilite o aile, sembrado en hileras espaciadas cada 10 metros y los árboles a cada 4 metros dentro de la hilera.

En los listados siguientes se presentan solo algunos ejemplos de especies de árboles que se proponen como alternativas para establecerse dentro de los potreros, o para el enriquecimiento de bosques perturbados, aca-

huales, bosques riparios o corredores biológicos. Las especies seleccionadas se encuentran en selva baja caducifolia (Lista A) o en bosque mesófilo de montaña (Lista B). Cabe señalar que hace falta más investigación sobre el uso de especies de árboles y arbustos nativos adaptados y tecnológicamente apropiados, que sirvan de forma directa al ganado, en particular del bosque mesófilo de montaña; en la sección final, "Para saber más", se proporcionan algunos estudios existentes.

Lista A. Ejemplos de árboles nativos multiuso de interés en la ganadería y con potencial para el enriquecimiento del paisaje del trópico seco del centro de Veracruz.

Cañamazo, guaje sabana

Figura 4. Árboles de guaje sabana, dispersos en un potrero. Con su típica copa aparasolada son buenos árboles para la sombra del ganado.

Nombre científico: *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth.

Familia: Fabaceae (árboles, arbustos y hierbas, el fruto a menudo es una legumbre).

Descripción: Árboles de tamaño medio que alcanzan hasta 15 m de altura y diámetro de hasta 75 cm, con tronco ligeramente torcido y ramas horizontales gruesas, la copa es aparasolada (forma de sombrilla; Figura 4).

Usos: Es una especie muy apreciada por los ganaderos por tener una madera durable a la intemperie, se asierra para elaborar estantes (postes para cercado) y puertas de golpe, también se usa en la vivienda rural tradicional como horcones.

Distribución y hábitat: Se encuentra en selva baja caducifolia y selva mediana caducifolia, desde 0 hasta 1700 msnm.

Fenología: Es un árbol caducifolio que tira sus hojas de diciembre a marzo (al inicio de la época seca). Florece de abril a mayo y los frutos (vainas) se presentan de septiembre a marzo.

Colecta de semillas: Recolectar las vainas directamente del árbol cuando presentan una coloración café y se empiezan a secar. Se recomienda hacerlo cuando comienzan a madurar las primeras vainas (diciembre y enero) ya que en las semillas se presenta una plaga de "gorgojo" y el ataque se incrementa conforme se hace más abundante la maduración de frutos en el árbol.

Manejo en vivero: Las semillas deben sembrarse tan pronto como son recolectadas ya que pierden viabilidad si se almacenan, a los 8 meses se registró 53% de germinación. En tres meses en el vivero se obtienen plantas de 32 cm de altura y 5 mm de diámetro en la base; este es un tamaño adecuado para transplantar en campo.

Situación de vulnerabilidad: En la zona central de Veracruz los productores agropecuarios la consideran una especie escasa.

Conocimiento local: Los ganaderos valoran a esta especie también como árbol disperso en el potrero, produce buena sombra para el ganado y reconocen que bajo su copa el pasto "crece más verde y vigoroso", probablemente por la fijación biológica de nitrógeno. Sin embargo, por un mal manejo de las quemas de los pastizales secos y la falta de protección a los árboles peque-

ños contra ramoneo y pisoteo por el ganado, se pone en riesgo la regeneración natural y continuidad de la población de esta especie. La corteza gruesa y fisurada de las ramas horizontales es buena para el crecimiento de bromelias (tenchos), orquídeas y pitahayas. Las semillas son consumidas por pericos.

Flor de día

Nombre científico: *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson

Familia: Bignonaceae (árboles y lianas, hojas opuestas y compuestas, flores tubulares vistosas).

Descripción: Árboles de tamaño medio que alcanzan hasta 20 m de altura y diámetro de hasta 60 cm, corteza fisurada, hojas compuestas de cinco foliolos, flores en forma de tubo de color amarillo intenso, el fruto es una cápsula alargada de 35 a 45 cm (Figura 5).

Figura 5. Árbol de flor de día en plena floración a la orilla de una cerca.

Usos: La madera es dura y pesada, muy resistente en la intemperie y por ello es de las mejores para estantes; también se usa para cabos de hachas y como horcones para sostener los techos de casas y establos. Como uso medicinal, la corteza es usada en infusión para facilitar el parto.

Distribución y hábitat: Se encuentra en selva baja caducifolia y selva mediana subperennifolia y subcaducifolia, desde 0 hasta 300 msnm.

Fenología: Especie caducifolia que tira sus hojas de enero a mayo (época seca). Florece de enero a marzo y los frutos se presentan en marzo y abril (Figura 5). Las semillas se dispersan por el viento entre abril y mayo.

Colecta de semillas: Recolectar las cápsulas directamente del árbol cuando presentan una coloración verde limón y antes de que se abran y liberen las semillas. Se recomienda recolectar frutos de al menos cinco árboles y después mezclar la semilla, posteriormente se orean a la sombra por una semana. Las semillas se pueden almacenar en refrigeración en bolsas plásticas cerradas herméticamente, en donde pueden conservar su viabilidad por seis meses.

Manejo en vivero: La siembra puede hacerse en almácigos o arriates, incluso de forma directa en las bolsas de vivero, se recomienda hacerlo de noviembre a enero con semilla previamente remojada de 24 a 48 horas. Los arbolitos sembrados en almácigo y después trasplantados a bolsas de polietileno alcanzan una altura de 25 a 40 cm a los siete meses.

Situación de vulnerabilidad: En la zona central de Veracruz los productores agropecuarios la consideran una especie escasa. El árbol de flor de día es una especie amenazada de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2010, por lo cual deberá procurarse la conservación de los árboles remanentes en áreas donde es escaso, el fomento de la regeneración natural y la reforestación.

Conocimiento local: Es un árbol que se regenera bien a partir de semilla de árboles remanentes, rebrota fácil después de que se corta, tanto del tocón como de las raíces, incluso después de incendios. Las ardillas aparentemente consumen sus frutos y diversas aves ocupan el árbol para hacer sus nidos. La floración es muy vistosa (Figura 5), por lo que podría ser fomentado como un elemento para embellecer el paisaje en los márgenes de las carreteras y así ofrecer al turismo un atractivo natural del trópico seco.

Guayabillo

Nombre científico: *Calyptranthes schiedeana* O. Berg
Familia: Myrtaceae (familia de la guayaba, flores aromáticas).
Descripción: Árboles de 2 hasta 15 m de altura. La corteza se desprende de forma natural. Las hojas son simples y opuestas. Las flores son pequeñas, se agrupan en racimos y no tienen pétalos. El fruto tiene forma de globo, de color verde a púrpura al madurar, cada fruto contiene de una a tres semillas.
Usos: Su fruto es comestible, la madera se utiliza para postes, construcciones rurales y cerca viva.
Distribución y hábitat: Se encuentra en selva baja caducifolia, selva alta subperennifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino y vegetación riparia, entre 100 y 1400 msnm.
Fenología: Caducifolio, tira sus hojas gradualmente de enero a mayo (época seca). Florece en junio y julio, los frutos se presentan de julio a noviembre. Las semillas son dispersadas por la fauna silvestre.
Colecta de semillas: De preferencia recolectar los frutos maduros directo del árbol, o bien del suelo, pero sólo los que se hayan caído recientemente. La semilla se despulpa remojando los frutos por 48 a 76 horas, se dejan fermentar, se maceran y lavan con agua corriente. Después se ponen a orear en la sombra por una semana antes de sembrar. Conservarán su viabilidad por seis meses.

Figura 6. Grupo de árboles de guayabillo, en un potrero.

Manejo en vivero: La siembra puede hacerse en almácigos o arriates para después trasplantar las plántulas a bolsas de vivero, la germinación ocurre en 4 a 8 semanas. Es una especie de lento crecimiento, en seis meses se obtienen plántulas de 23 cm de altura y 3 mm de diámetro, por lo cual se recomienda sembrar en octubre y cultivar en vivero durante nueve meses.
Situación de vulnerabilidad: En la zona central de Veracruz se considera una especie escasa.
Conocimiento local: Los productores agropecuarios destacan el valor de este árbol para la fauna silvestre, porque sus frutos son consumidos por aves, ardillas, tejones y tuzas. En el potrero es muy útil como árbol de sombra ya que mantiene su follaje la mayor parte del año y no es muy grande, ideal para potreros pequeños (Figura 6).

Lista B. Ejemplos de árboles nativos multiuso de interés en la ganadería y con potencial para el enriquecimiento del paisaje de bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz.

Ilite, aile

Nombre científico: *Alnus acuminata* Kunth.

Familia: Betulaceae (árboles o arbustos caducifolios que se encuentran en regiones templadas y zonas de montaña).

Descripción: Árboles de tamaño medio que alcanzan hasta 30 m de altura y diámetro de hasta 40 cm.

Usos: Es una especie maderable muy valorada entre las comunidades locales por su facilidad para ser trabajada, también se utiliza en construcción y para leña. Es una especie importante en los procesos de regeneración de los bosques y se considera una especie pionera que se desarrolla bien en sitios perturbados y favorece el establecimiento de otras especies debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. Debido a sus altas tasas de crecimiento se cultiva en plantaciones y tiene gran potencial para establecerse en sitios erosionados. Se utiliza como sombra para ganado y como cerca viva en linderos de potreros (Figura 7).

Figura 7. Hojas de ilite.

Distribución y hábitat: Se encuentra en bosque de niebla y bosque de pino-encino entre 1300 y 2800 msnm (raramente se encuentra por debajo de 1000 msnm).

Fenología: Es una especie perennifolia/caducifolia ya que tira las hojas total o parcialmente durante la época de secas. Florece de febrero a abril y produce frutos de junio a diciembre.

Colecta de semillas: La recolección de semillas es preferible realizarla de árboles mayores a 10 años, debido a que los árboles más jóvenes producen semillas de menor tamaño que poseen pocas posibilidades de germinar. Es preferible colectar las semillas directamente del árbol (y no del suelo, para evitar infecciones). Las semillas se deben sembrar tan pronto como son colectadas ya que pierden viabilidad si se almacenan. Después de un mes de almacenamiento se obtiene de 50 a 70% de germinación y al sexto mes sólo 10%.

Manejo en vivero: Se reproduce fácilmente. Las semillas se colocan directamente en sustrato, sin tratamiento pregerminativo. Se puede alcanzar 80% de germinación cuando las semillas se colocan en suelo húmedo bajo sol directo. También se puede reproducir por rebrotes, que aparecen en la base de los árboles. Una vez transplantados los árboles pequeños deben protegerse del ganado hasta que alcancen 4 o 5 metros de altura.

Situación de vulnerabilidad: Esta especie no se considera amenazada.

Vara negra

Nombre científico: *Ocotea disjuncta* Lorea-Hern.

Familia: Lauraceae (familia de los aguacates), árboles con aceites que despiden un olor característico al cortar sus ramas u hojas.

Usos: Su madera es muy preciada en carpintería por la coloración de vetas que posee. Se construyen casas y muebles con esta madera.

Descripción: Árbol mediano de hasta 20 metros de altura. Su tronco se caracteriza por una corteza lisa de color gris.

Distribución: Esta especie es endémica de México y sólo se ha reportado de los bosques de niebla de la Sierra Madre del Sur, en Guerrero y Oaxaca y en la Sierra Madre Oriental, en Oaxaca y Veracruz. Su nombre científico hace referencia justo a la distribución separada (disyunta) entre sierras. Se desarrolla entre 1700 y 2500 msnm.

Fenología: Es un árbol perennifolio (que mantiene su follaje a lo largo del año), la floración ocurre de diciembre a mayo y la fructificación de abril a julio.

Colecta de semillas: El cambio de color verde olivo a color negro del fruto (igual que en los aguacates) y el tono rojo de la cúpula, indica que los frutos han alcanzado la madurez. En este estado los frutos comienzan a caer del árbol y pueden colectarse sin ningún problema ya sea del suelo o directamente del árbol.

Manejo en vivero: Las semillas se extraen de los frutos presionándolos con los dedos, posteriormente se lavan y se colocan en un lugar sombreado y ventilado durante tres días. Las semillas pierden su viabilidad muy rápido y no sobreviven en baja humedad y frío, así que no es posible almacenarlas bajo condiciones controladas. Las semillas sin ningún tratamiento comienzan a germinar en 40 a 80 días. No se recomienda remojarlas debido a que esto aumenta su pudrición en el almácigo. El almácigo debe mantenerse fresco y evitar la humedad excesiva. Se recomienda regar cada 3 o 5 días con un aspersor de mano para evitar desenterrar las semillas. Bajo estas condiciones se ha obtenido un porcentaje de germinación del 65%. El almácigo se debe establecer bajo malla sombra debido a que las plántulas recién germinadas se desecan rápidamente si están expuestas a sol directo. Las plántulas están listas para trasplantarse a bolsas de vivero a los 25 días, o cuando alcanzan 5 cm de altura. Es indispensable que las plántulas trasplantadas se coloquen en un área protegida con malla sombra al 50%. Para sembrar los árboles en su lugar definitivo se recomienda que las plántulas tengan mínimo 70 cm de altura, para lo cual deben permanecer un año en el vivero después del trasplante (Figura 8).

Situación de vulnerabilidad: Esta especie se encuentra en peligro de extinción. Sus poblaciones originales se vieron fuertemente disminuidas por su uso maderable sin prácticas que ayudaran a mantener la regeneración. En los bosques del centro de Veracruz aún se pueden encontrar algunos individuos maduros en remanentes de bosque o aislados en potreros.

Figura 8. Plántula de vara negra.

Palo blanco

Nombre científico: *Meliosma alba* (Schltld.) Walp.
Familia: Sabiaceae
Usos: La madera se emplea localmente en la fabricación de muebles, en la construcción de tipo rural y para leña. Provee alimento para la fauna, sobre todo aves. En algunos lugares ha sido plantado como árbol ornamental, aunque su uso con este propósito es poco común a pesar de sus cualidades estéticas (Figura 9).
Descripción: Árboles de 20 m, pero pueden alcanzar hasta los 40 m de altura, tronco principal robusto de hasta 80 cm de diámetro. Corteza gruesa, fisurada en lajas de color café grisáceo.
Distribución: Se desarrolla de manera restringida a lo largo de la Sierra Madre Oriental, en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz. Se desarrolla entre los 700 y 1900 msnm, principalmente en bosque mesófilo de montaña, pero también en hábitats húmedos como pueden ser las selvas, la vegetación riparia y en algunos casos se ha localizado en bosques de pino-encino.
Fenología: Es una especie caducifolia, pierde sus hojas en octubre-noviembre, renueva sus hojas en febrero y florece los meses de marzo a abril. Sus frutos maduran entre los meses de julio y agosto.
Colecta de semillas: Los frutos del palo blanco son de color verde limón cuando están inmaduros y cambian a color púrpura a negro cuando las semillas están completamente maduras. Solo cuando han alcanzado la coloración púrpura están listas para colectarse, lo cual ocurre entre los meses de julio y agosto.
Manejo en vivero: Los frutos se ponen a remojar de 3 a 5 horas en un recipiente con agua a temperatura ambiente para separar la pulpa que cubre las semillas. Después de este tiempo los frutos se presionan con las manos dentro del recipiente con agua hasta lograr que las semillas estén completamente limpias, después se dejan secar por 8 días en un lugar iluminado, ventilado y seco. No se sabe si esta semilla conserva o pierde su viabilidad si es almacenada bajo condiciones de humedad y temperatura controladas. Las semillas recién colectadas no presentan latencia, sin ningún tratamiento pregerminativo germinan en un periodo de 40 a 90 días. El almácigo se prepara con tierra negra franca, cernida en un área protegida con malla sombra al 50%. Las semillas sembradas de esta forma germinan en una proporción de 70 al 80%. Para obtener plantas de 60 cm de altura se requieren como mínimo 10 meses después del trasplante.
Situación de vulnerabilidad: Es una especie amenazada de acuerdo con la lista roja de árboles del bosque mésofilo de montaña de México. En la región del Bajío es una especie rara, por lo que se considera vulnerable a la extinción. Para el estado de Veracruz se ha reportado en muchas localidades, pero ante la pérdida y transformación de los ambientes naturales y su uso como leña, los árboles de esta especie son menos frecuentes.

Figura 9. Un juvenil de palo blanco.

Conclusiones y perspectivas

El implementar una ganadería sustentable implica conservar, manejar y restaurar al paisaje que rodea a los potreros. La recuperación y el mantenimiento de múltiples funciones en los paisajes en que se encuentran inmersos los potreros tienen beneficios sociales, económicos y ambientales. La inclusión de otros elementos del paisaje en donde dominan los árboles, como fragmentos remanentes de bosques, acahuales y bosques riparios es indispensable para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con los ciclos hidrológicos, el suelo, la conservación de la biodiversidad y la belleza del paisaje. En este proceso el manejo adecuado para el establecimiento y mantenimiento de diversas especies arbóreas nativas juega un papel central.

Para avanzar en el desarrollo de proyectos encaminados a mejorar la funcionalidad de los paisajes es necesaria una documentación más completa de los criterios para seleccionar árboles para uso en potreros, su desempeño en campo y la aceptación de las especies por los ganaderos, particularmente en la zona del bosque mesófilo de montaña. Considerando la incertidumbre que se está experimentando debido al cambio climático, la diversificación en potreros, en campos agrícolas y paisajes es de vital importancia. La diversidad de árboles y arbustos nativos es enorme; México es uno de los países con mayor diversidad de árboles en el mundo, se estima que existen cerca de 4 mil especies de árboles y 7 mil especies de arbustos (Villaseñor y Ortiz, 2014). De la mayor parte de ellas aún no conocemos sus funciones ecológicas y sus usos (medicinales, alimenticios, etc.); el propagar, sembrar, facilitar y proteger la flora nativa de los sitios en un arreglo del paisaje es un seguro ecológico que ayudará a minimizar o revertir los daños producidos por el cambio global.

Para saber más

La selección y propagación de árboles, el establecimiento de viveros y las plantaciones son temas que se han desarrollado extensivamente en la literatura de corte forestal, técnico y agrosilvopastoril. Aquí se incorporan algunos manuales disponibles en línea para quien desee más información.

Cardoza, R., Cuevas, L., García, J., Guerrero, J., González, J., Hernández, H., Lira, M., Nieves, J., Tejeda, D. y Vázquez, C. 2004. *Protección, restauración y conservación de suelos forestales*. Manual de Obras y Prácticas. 3ª ed. CONAFOR, SEMARNAT, México, 70 pp.

Fichas de árboles de la red de viveros de biodiversidad para Veracruz. http://viverosdebiodiversidad.org/

Guevara, S., Moreno-Casasola, P., Escamilla, B. P. y Lazos, A. (Eds.). 2016. *Manual de buenas prácticas rurales*. INECOL, ITTO, CONAFOR, INECC, 58 pp.

López Ortiz, S., Morales Morales, M., Peralta Peláez, L. A., Ramírez-Pinero, M., Guevara Sada, S. y Moreno-Casasola, P. 2017. *Manual de árboles que gustan al ganado y benefician al potrero.* Publicación núm. 21. Costa Sustentable. INECOL-CECADESU. Xalapa, 45 pp. http://proyectos.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/ManualArboles.pdf.

Román, F. J., Levy, S., Aguirre, J. R. y Sánchez, A. 2009. Árboles de la *selva lacandona útiles para la restauración ecológica*. CONAFOR, El Colegio de la Frontera Sur, SEMARNAT, 89 pp.

Referencias

Antrop, M. 1998. Landscape change: plan or chaos? *Landscape and Urban Planning,* 41: 155-161.

Atondo Bueno, E. J., Bonilla-Moheno, M. y López-Barrera, F. 2018. Cost-efficiency analysis of seedling introduction vs. direct seeding of *Oreomunnea mexicana* for secondary forest enrichment. *Forest Ecology and Management*, 409:399-406.

Barkmann, J., Helming, K., Müller, K. y Wiggering, H. 2004. *Multi-land. Multifunctional landscapes: towards an analytical framework for sustainability assessment of agriculture and forestry in Europe.* Fifth Framework Programme 1998-2002. Thematic Programme: Environment and Sustainable Development. Final Report, Sections 1–5, T.I.P. EVK2-CT-2002-80023.

Benavides, J. E. 1994. La investigación en árboles forrajeros. Pp 3-28. En: Benavides, J. E. (Ed.). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central.* CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico núm. 236, vol. 1. Turrialba, Costa Rica.

Benítez, B. G., Pulido-Salas, M. T. y Equihua, Z. M. 2004. *Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones*. Instituto de Ecología, A. C., Sigolfo, CONAFOR. Xalapa, México, 288 pp.

Chacón, M. y Harvey, C. A. 2006. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. *Agroforestry Systems,* 68:15-26.

Chara, J., Camargo, J. C., Calle, Z., Bueno, L., Murgueitio, E., Arias, L., Dossman, M. y Molina, E. J. 2015. Servicios ambientales de sistemas silvopastoriles intensivos: mejoramiento del suelo y restauración ecológica. Pp. 330-347. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (Eds.). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie Técnica. Informe Técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia.

Cole, R. J., Holl, K. D. y Zahawi, R. A. 2010. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. *Ecological Applications,* 20:1255-1269.

Dart, P. J. 1994. Microbial symbioses of tree and shrub legumes. Pp. 143-157. En: Gutteridge, R. C. y Shelton, H. M. (Eds.). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. CAB International. Wallingford, Reino Unido.

Dewi, S., van Noordwijk, M., Ekadinata, A. y Pfund, J. L. 2013. Protected areas within multifunctional landscapes: squeezing out intermediate land use intensities in the tropics? *Land Use Policy,* 30:38-56.

Harvey, C. A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M., Gómez, R., Taylor, R., Martínez, J., Navas, A., Sáenz, J., Sánchez, D., Medina, A., Vilchez, B., Hernández, B., Pérez, A., Ruiz, F., López, F., Lang, I. y Sinclair, F. L. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems y Environment,* 111:200-230.

Hinsley, L. y Bellamy, P. 2000. The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedge rows to birds: a review. *Journal of Environmental Management,* 60:33-49.

Hodbod, J., Barreteau, O., Allen, C. y Magda, D. 2016. Managing adaptively for multifunctionality in agricultural systems. *Journal of Environmental Management,* 183:379-388.

Holl, K. 2015. Could planting trees in islands, rather than in rows, improve the rate of tropical forest recovery? IUCN Science and Practice of Forest Landscape Restoration blog series. https://www.iucn.org/fr/node/17311.

Holl, K. D. y Aide, T. M. 2011. When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management,* 261(10):1558-1563.

Laborde, F. J., Guevara-Sada, S. y Sánchez-Ríos, G. 2011. Diversidad florística en potreros de Los Tuxtlas. Pp. 247-259. En: *La biodiversidad en Veracruz. Estudio de Estado*. CONABIO, Gobierno de Veracruz, UV, INECOL, México.

López-Barrera, F., Bonilla-Moheno, M. y Toledo-Aceves, T. 2017. Restauración del bosque de niebla con un enfoque de paisaje. *Agroproductividad,* 10(1):29-36.

Murgueitio, E., Flores, M. X., Calle, Z., Chara, J., Barahona, R., Molina, C. H. y Uribe, F. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. Pp. 58-101. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (Eds.). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie Técnica. Informe Técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia.

Nair P., K. R. 1993. *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic. Dordrecht, Países Bajos.

Niembro Rocas, A., Vázquez Torres, M. y Sánchez Sánchez, O. 2010. Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz.

OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). 2005. *Restaurando el paisaje forestal. Introducción al arte y ciencia de la restauración de paisajes forestales*. ITTO (International Tropical Timber Organization), IUCN, 158 pp.

Pezo, D., Kass, D., Benavides, J., Romero, F. y Chaves, C. 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. Pp. 163-175. En: Devendra, C. (Ed.). *Shrubs and tree fodders for farm animals*. Proceedings of a workshop held in Denpasar, Indonesia, Julio 24-29, 1989, Ottawa, Canadá.

Pezo, D. y Ibrahim, M. 1999. *Sistemas silvopastoriles*. Módulo de Enseñanza Agroforestal núm. 2. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A., Martínez-Icó, M., Luna-Gómez, A., Golicher, D. y González-Espinosa, M. 2010. **Árboles y arbustos de los bosques de montaña en Chiapas. Ecosur.** San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

Reid, J. L. y Holl, K. D. 2013. Arrival ≠ survival. *Restoration Ecology* 21(2):153-155.

Reis, A., Bechara, F. C., Espíndola, M. B., Vieira, N. K. y Souza, L. L. 2003. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *Brazilian Journal of Nature Conservation,* 1(1):85-92.

Reis, A., Bechara, F. C. y Tres, D. R. 2010. Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Brasil), 67:244-250.

Reynolds, S. G. 1995. *Pasture-cattle-coconut systems*. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Tailandia.

Rodenburg, C. A. y Nijkamp, P. 2004. Multifunctional land use in the city: a typological overview. *Built Environment,* 30:274-288.

Suárez, A., Williams-Linera, G., Trejo, C., Valdez-Hernández, J. I., Cetina-Alcalá, V. M. y Vibrans, H. 2012. Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems,* 85:35-55.

Suárez, I. A., Williams-Linera, G., Vibrans, L. H., Valdez-Hernández, J. I., Cetina-Alcalá, V. y Trejo, L. C. 2015. El conocimiento local en la selección de especies leñosas para la restauración del bosque tropical seco de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Pp. 231-243. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (Eds.). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie Técnica. Informe Técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia.

Trujillo-Miranda, A. L., Toledo-Aceves, T., López-Barrera, F. y Gerez-Fernández, P. 2018. Active versus passive restoration: recovery of cloud forest structure, diversity and soil condition in abandoned pastures. *Ecological Engineering,* 117:50-61.

Villaseñor, J. L. y Ortiz, E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, suppl. 85:S134-S142.

Yarranton, G. A. y Morrison, R. G. 1974. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. *Journal of Ecology,* 62(2):417-428.

Zahawi, R. A., Holl, K. D., Cole, R. J. y Reid, J. L. 2013. Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Journal of Applied Ecology,* 50(1):88-96.

Zanini, L. y Ganade, G. 2005. Restoration of Araucaria forest: the role of perches, pioneer vegetation, and soil fertility. *Restoration Ecology* 13:507-514.

Las plantas forrajeras en Veracruz

Gonzalo Castillo-Campos, María Elena Medina-Abreo

La ganadería bovina de pastoreo libre es una de las actividades humanas que más ha impactado a la biodiversidad vegetal, en México y en el mundo, ocasionando el desplazamiento o la sustitución de las comunidades vegetales. Los pastizales cultivados para forraje del ganado bovino se incrementaron de forma considerable en México y en Veracruz.

La entidad veracruzana es una de las más importantes del país por el número de cabezas de ganado registradas (3,355,902; INEGI, 2014), esto ha ocasionado el cambio de uso del suelo para desarrollar dicha actividad, provocando la pérdida de la cobertura de la vegetación arbórea y arbustiva, disminuyéndola casi a un 5% en todo el estado. Así, los pastizales forrajeros (Figura 1) ocupan aproximadamente 50% del territorio veracruzano (INEGI, 2012).

La diversidad vegetal en el estado es una de las más sobresalientes en México, con 8,497 especies, superada solamente por los estados de Chiapas con 9,790 y Oaxaca con 10,229 (García-Mendoza, 2004; González-Espinoza *et al*., 2005; Villaseñor, 2016). La superficie de pastizales cultivados para fines forrajeros en Veracruz es de 3,054,729 ha, más 20,757 ha de pastizales naturales, de las 7,182,000 ha totales que tiene el estado (INEGI, 2012).

Considerando tanto las superficies de pastizales cultivados, como las de nativos que tiene el estado de Veracruz, suman 50% de la superficie dedicada al forrajeo del ganado bovino, caprino, ovino y equino y aproximadamente 45% a la agricultura de temporal, de riego y de humedad (INEGI, 2012). Ese cambio de uso del suelo podría estar ocasionando la extinción de muchas de las especies propias de las comunidades vegetales originales, a nivel estatal; sin embargo, muy poco se está haciendo para comprobar ese impacto.

Algunos estudios empiezan a generar información sobre el cambio de uso del suelo de bosque a pastizal, reportando que se pierden cerca de 80% de las especies del bosque original y anotando que difícilmente se puede recuperar esa diversidad vegetal si no quedan propágulos o se establece un banco de semillas que contribuya a la regeneración de las comunidades vegetales sustituidas por pastizales.

Figura 1. Paisaje de potreros ganaderos en la zona tropical de la planicie costera veracruzana; a) en la región de Medellín y b) en zona más templada de Jilotepec, Veracruz. (Fotos: M. Cruz y R. Madrigal).

La ganadería se ha extendido en el estado de Veracruz como una de las actividades más importantes para el desarrollo económico del país (INEGI, 2012) y entre sus modalidades de uso sobresale la de pastoreo libre o de menor costo. Sin embargo, el número de reses por hectárea varía de acuerdo con las condiciones ambientales, con la temporada de lluvias o de secas, con el tipo de forraje que se usa y con la suplementación, edad y peso del animal. En las parcelas tradicionales del trópico se tienen entre 1.5 y 1.8 bovinos adultos de 400 a 500 kg por ha, en tanto que en predios tecnificados se pueden tener de 3 a 4 reses por ha (Contexto ganadero, 2015).

El estado de Veracruz es uno de los más diversos en su flora nativa, de esta gran diversidad se han detectado como forrajeras en Veracruz cerca de 300 especies, destacando las hierbas y los árboles como las más comunes (Figura 2). Aunque esta cifra parece ser significativa, para la diversidad que se tiene en Veracruz no lo es; por lo que es necesario orientar esfuerzos para documentar mejor la flora que es utilizada para alimentar al ganado bovino, considerando que esta actividad productiva es una de las más importantes para el país.

El ganado en general consume la mayoría de las plantas, dependiendo de la abundancia o escasez del forraje en las áreas de forrajeo y eso ha ocasionado que el pastoreo permanente de ganado bovino se convierta en la actividad más agresiva ya que provoca la extinción de una gran cantidad de especies nativas del estado de Veracruz y de México.

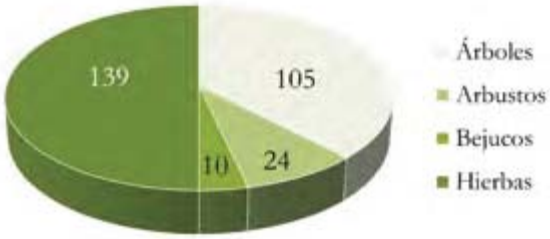

Figura 2. Abundancia y forma de vida de las plantas forrajeras en Veracruz.

De las aproximadamente 300 especies de plantas que consume el ganado bovino, más de 100 son árboles y cerca de 150 son hierbas (Apéndice 1). Las familias con mayor número de especies forrajeras son las más diversas en el mundo, como las gramíneas o pastos (Poaceae), leguminosas o legumbres (Fabaceae) y las compuestas (Asteraceae). De acuerdo con los registros que se tienen en Veracruz, de las especies o tipos de plantas forrajeras, una buena parte son frecuentes y abundantes a través del territorio veracruzano; sin embargo, otras son escasas o poco frecuentes en las distintas regiones (Apéndice 2). Hay municipios con una gran diversidad de especies forrajeras, algunos son Alto Lucero, Actopan, Catemaco, Coatepec, Emiliano Zapata, Puente Nacional, San Andrés Tuxtla, etc., que superan las 100 especies por municipio.

Entre las especies forrajeras que frecuentemente se han utilizado con éxito en México y en Latinoamérica y

que destacan por sus diferentes atributos digestivos y proteínicos para alimentar al ganado, se tienen especies arbóreas y herbáceas. Como los árboles más comunes en los sistemas silvopastoriles se reporta al baboso o moquillo (*Cordia dentata*), cocuite (*Gliricidia sepium*), cuajilote, guajilote, guachilote o pepino silvestre (*Parmentiera aculeata*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), guaje, guaje manso, guaje de indio (*Leucaena leucocephala*), higuera (*Ficus insipida*), higuera, matapalo (*Ficus* spp.), guázamo (*Guazuma ulmifolia*), huizache o espino blanco (*Vachellia pennatula*), ojite o ramón (*Brosimum alicastrum*), tronadora (*Tecoma stans*) y encino (*Quercus* spp.), de estas especies, los árboles que obtuvieron los valores más altos de digestibilidad potencial fueron *L. leucocephala* (76.8%), *G. sepium* (80.4%), *L. glauca* (72.0%), *F. glabrata* (81.4%) y *T. stans* (73.7%) (Pinto-Ruiz *et al.,* 2010). Sin embargo, generalmente las especies arbóreas que son más recomendadas para los sistemas silvopastoriles son: *Albizia lebbeck*, cocuite (*G. sepium*) y guamúchil (*P. dulce*), quienes muestran las mejores potencialidades como alimento suplementario para los rumiantes (García y Medina, 2006).

Otros estudios también han demostrado que el ojite, capomo o ramón (*Brosimum alicastrum*) es una de las especies arbóreas de gran importancia para usarse en los sistemas silvopastoriles (Ayala y Sandoval, 1995). Este árbol es muy apreciado por los ganaderos, por la calidad de su forraje y su disponibilidad durante la época de sequía, además porque se pueden cosechar a los cuatro o seis años de edad y podar de una a cinco veces por año; aunque de forma normal se encuentra en los bosques húmedos es altamente tolerante a la sequía y también se reporta en algunos estados como Jalisco y Yucatán como una de las principales especies forrajeras en la época seca.

En Jalisco, durante esa época, cuando el forraje disminuye en los potreros se mueve al ganado hacia la selva de ojite, capomo o ramón (*Brosimum alicastrum*). En Yucatán esta especie arbórea crece, o la mantienen en los solares alrededor de las casas y los árboles son podados para la obtención del forraje, que lo venden o lo usan para alimentar a los animales domésticos. Con la poda, en los individuos adultos se puede llegar a cosechar de 400-800 kg de forraje al año (Pardo-Tejeda y Sánchez, 1980; Chavelas y Devall, 1988; López, 1993).

La mayoría de los árboles, aparte de ser forrajeros tienen otros usos, como el cocuite (*Gliricidia sepium*), que además de servir de cerca viva sus flores son comestibles y el consumo como leña es muy frecuente. Otros son medicinales, melíferos, comestibles, energéticos, maderables o usados como sombra, asimismo, frecuentemente producen frutos o flores comestibles, etc., atributos que también es conveniente considerar en aquellas especies que se van a usar en los sistemas silvopastoriles o como forrajeras.

El otro grupo de plantas que son importantes en el uso forrajero son las hierbas, destacando los pastos nativos e introducidos en México. Entre las especies de origen africano destacan las gramíneas, que constituyen más de la mitad y conforman 90% de la población de plantas introducidas desde dicho continente (Rzedowski y Calderón, 1990).

Las gramíneas de mayor importancia forrajera para el trópico son originarias de África, mientras que gran parte de las especies de mayor impacto para zonas templadas provienen de Europa y Asia Menor (Harlan, 1971; Parson, 1971; Loreti *et al*., 2001). Hay varios géneros de pastos de origen tropical o intertropical de gran valor forrajero, como *Brachiaria, Cenchrus, Chloris, Cynodon, Digitaria*, *Hyparrhenia, Panicum, Paspalum*, *Pennisetum, Tripsacum* y especies como *Leersia hexandra*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Echinochloa polystachya* (zacate de agua), entre otras, que evolucionaron en África debido a una gran diversidad de presiones de selección por especies de rumiantes con una gran variación, por ejemplo: en el tipo de pezuña, peso, dentadura, capacidad ruminal, hábito de pastoreo, etc., de acuerdo con la diversidad de las distintas condiciones ambientales. En Veracruz, de los géneros ya mencionados destacan algunas especies como el cadillo, zacate cadillo (*Cenchrus echinatus*); pasto estrella, zacate estrella (*Cynodon dactylon*); *Digitaria ciliaris*; grama de antena, gramilla, trencilla (*Paspalum conjugatum*); grama, pasto bahía, zacate orcheta (*P. notatum*); *P. plicatum;* maralfalfa, pasto King Grass, zacate, zacate gringo (*Pennisetum purpureum*; Apéndice 1).

Por otra parte, también se han usado algunos géneros americanos de gramíneas, tales como *Bouteloua, Echinochloa*, *Paspalum, Sporobolus* y *Tripsacum.* Algunas

de las especies más frecuentes de esos géneros, en Veracruz, son el zacate de ciénega (*Echinochloa colona*); anicillo, liendrecillo, zacate (*Sporobolus indicus*), además de otras especies de géneros de amplia distribución y nativas de México, como: *Leptochloa dubia*, *Muhlenbergia phleoides* y *Setaria machrostachya*; dichas especies son comparables en productividad con los géneros de origen africano, desde luego en nichos ecológicos específicos.

Agradecimientos. A Sergio Avendaño Reyes y a Israel Acosta Rosado por la información proporcionada de la base de datos Flora de Veracruz, del Herbario XAL del Instituto de Ecología, A. C.

Referencias

Ayala, A. y Sandoval, S. M. 1995. Establecimiento y producción temprana de forraje de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en plantaciones a altas densidades en el norte de Yucatán México. *Agroforestería en las Américas*, 7:10-16.

Chavelas, P. J. y Devall, S. M. 1988. *Brosimum alicastrum* Sw. En: **Árboles útiles de la parte tropical de América del Norte.** Burns, M. R. y Mosquera, M. (Eds.). Comisión Forestal de América del Norte. Publicación núm. 3.

Contexto ganadero. 2015. Número de vacas por hectárea se duplica en fincas tecnificadas. http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/numero-de-vacas-por-hectarea-se-duplica-en-fincas-tecnificadas, consultado en mayo de 2018.

García, D. E. y Medina, M. G. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Tropical*, 24(3):1-14.

García-Mendoza, A. J. 2004. Integración del conocimiento florístico del Estado. Pp. 305-325. En: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez, M. Briones-Salas (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca.* Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza and WWF. México, D. F.

González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N. y Ruiz-Montoya, L. 2005. *Diversidad biológica en Chiapas.* Plaza y Valdés, El Colegio de la Frontera Sur y el Consejo de Ciencia y Tecnología de Chiapas. México, D. F. 484 pp.

Harlan, J. R. 1971. Agricultural Origins. Centers and Noncenters. *Science,* 174:468-474.

INEGI (**Instituto Nacional de Estadística y Geografía**). 2012. http://www3.inegi.org.mx/, consultado en abril de 2018.

_____ . 2014. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2016. http://www.inegi.org.mx, consultado en abril de 2018.

López G., F. M. 1993. Explotación del ramón (*Brosimum alicastrum*) como fuente de forraje. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Zootecnia. 76 pp.

Loreti, J., Oesterheld, M. y Sala, O. 2001. Lack of infraespecific variation in resistance to defoliation in a grass that evolved under light grazing pressure. *Plant Ecology,* 157:195-202.

Pardo-Tejeda, E. y Sánchez, M. C. 1980. *Brosimum alicastrum (ramón, capomo, ojite, ojoche), recurso silvestre desaprovechad*o. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. 31 pp.

Parsons, J. J. 1971. Spread of African pasture grasses to the american tropics. *Journal of Range Management,* 24:12-17.

Pinto-Ruiz, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M. A., Quiroga, R. y Pezo, D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo,* 26(1):19-31.

Rzedowski, J. y Calderón, G. 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Botánica Mexicana,* 12:21-24.

Villaseñor, J. L. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3):902 pp.

Apéndice 1. Plantas forrajeras más frecuentes en el estado de Veracruz.

Nombre común	Especie	Familia	Tipo	Número de registros
Chinina, chinine, dormilón, manzanita, mazapán, panecillo, tulipancito de monte	*Malvaviscus arboreus* Cav.	Malvaceae	Ar	336
Guácima, guácimo, guásomo, guázamo	*Guazuma ulmifolia* Lam.	Malvaceae	A	323
Hierba del negro, maltanchulo, Santa María	*Hamelia patens* Jacq.	Rubiaceae	Ar	321
Carne de pescado, cucharo, hogo, madre del café, murciélago, palo blanco, palo de agua, sachi colorado, tamalcoabite, tamalcohahuite	*Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae	A	318
Ahuacachile, laurel, laurelillo, laurel San Martín, maicillo, sacacoco	*Damburneya salicifolia* (Kunth) Trofimov & Rohwer	Lauraceae	A	310
Cadillo, escobilla, escobillo, hierba de perro, malva, malva de cochino	*Sida rhombifolia* L.	Malvaceae	Ar	266
Arrocillo	*Parthenium hysterophorus* L.	Asteraceae	H	220
Chaca, jiote, mulato, palo mulato, palo rojo, tasun	*Bursera simaruba* (L.) Sarg.	Burseraceae	A	219
Pata de cabra, pata de cochino, pata de vaca, pata de vaca cimarrona, uña de vaca	*Bauhinia divaricata* L.	Fabaceae	A	217
Mozote, noche	*Bidens pilosa* L.	Asteraceae	H	207
Pinaguista, sinvergüenza, tapa vergüenza, zarza	*Mimosa albida* Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae	Ar	206
Acahual, flor amarilla, mozote, mozote amarillo	*Melampodium paniculatum* Gardner	Asteraceae	H	199
Escobilla, escobillo, malva	*Sida acuta* Burm. f.	Malvaceae	H	191
Ojite, ojoche, higuera, mojo, ramón	*Brosimum alicastrum* Sw.	Moraceae	A	190
Hierba de araña, pata de picho, tlacuaya	*Iresine diffusa* Humb. & Bonpl. ex Willd.	Amaranthaceae	H	174
Guayaba, guayabo	*Psidium guajava* L.	Myrtaceae	A	166
Espino, espino blanco, huizache, hizache, huile, huistle, huizache	*Vachellia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Seigler y Ebinger	Fabaceae	A	164
Cola de zorra, zacate, zacate cola de zorra	*Setaria geniculata* P. Beauv.	Poaceae	H	162
Dalia, quelite, quelite blanco, quelite morado	*Amaranthus hybridus* L.	Amaranthaceae	H	160
Nanche, nanche agrio, nanchi	*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth	Malpighiaceae	A	159
Acahuale, flor amarilla, mozote amarillo	*Aldama dentata* La Llave	Asteraceae	H	157
Ilite, aile	*Alnus acuminata* Kunth subsp. *arguta* (Schltdl.) Furlow	Betulaceae	A	154
Guaya cimarrona	*Trophis racemosa* (L.) Urb.	Moraceae	A	146
Pata de león	*Geranium seemannii* Peyr.	Geraniaceae	H	141
Gallito, hierba del gallo, hierba del pollo, matalí, matalín, matalín blanco, matalín morado, matlale, matlalí, matlalín de playa, siempre viva	*Commelina erecta* L.	Commelinaceae	H	132
Choveno, chove vergonzoso, tápate sinvergüenza, uña de gato, zarcillo, zarza, zarza negra	*Mimosa pigra* L.	Fabaceae	Ar	132
Barba de viejo, hierba negra	*Calliandra houstoniana* (Mill.) Standl.	Fabaceae	Ar	131
Sierrilla, timbrillo	*Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze	Fabaceae	Ar	129
Espino de algodón, huizache, huizache zorrillo	*Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn.	Fabaceae	Ar	124
Pasto	*Digitaria ciliaris* (Retz.) Loeler	Poaceae	H	119

Nombre común	Especie	Familia	Tipo	Número de registros
Pasto de los caminos, pasto natal, zacate cola de zorra, zacate jabalí, zacate labalín	*Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb.	Poaceae	H	118
Frijol, frijol criollo, frijol de bejaco, frijol Jamapa, frijol negro, frijol rojo	*Phaseolus vulgaris* L.	Fabaceae	H	116
Pata de gallo	*Eleusine indica* (L.) Gaertn.	Poaceae	H	116
Cocomuite, cocuite, cocuitle, muiti	*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.	Fabaceae	A	115
Gallito, hierba del pollo, maclali, matalín, matlale, matlale azul, matlali lila, matlalín, matlazín yerba del pollo	*Commelina diffusa* Burm. f.	Commelinaceae	H	112
Grama de antena, gramilla, trencilla	*Paspalum conjugatum* P.J. Bergius	Poaceae	H	111
Uña de gato, zarza negra	*Pisonia aculeata* L.	Nyctaginaceae	A	109
Cadillo, zacate cadillo	*Cenchrus echinatus* L.	Poaceae	H	106
Acantopi, apantopi, chalaguite, chalahuite, vainillo	*Inga vera* Willd.	Fabaceae	A	103
Capulín, capulín real, capulincillo, cerezo, nigua, nigüito, poan, puam, puan, puan capulín	*Muntingia calabura* L.	Muntingiaceae	A	103
Quelite, quelite espinudo, quelite de puerco, quelitillo	*Amaranthus spinosus* L.	Amaranthaceae	H	99
Árbol de leche, higuera, higuera hoja redonda, mata palo	*Ficus cotinifolia* Kunth	Moraceae	A	99
Zacate, zacate de alambre	*Steinchisma laxum* (Sw.) Zuloaga	Poaceae	H	99
	Centrosema virginianum (L.) Benth.	Fabaceae	B	94
Aguardientillo, bajón, hormiguillo, hormiguero, solecillo, sochicahua, tres hojas	*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	A	91
Baboso, gravel, gulaber, moquillo, olavere, zazamil	*Cordia dentata* Poir.	Boraginaceae	A	91
Sompantle, tepozán del chico, tzayolitzka	*Buddleja parviflora* Kunth	Scrophulariaceae	Ar	86
Palo gusano, palo de gusanillo	*Lonchocarpus guatemalensis* Benth.	Fabaceae	A	82
Encino, encino laurelillo, roble	*Quercus affinis* Scheidw.	Fagaceae	A	82
Canastita, flor de arana, tulipán, tulipán amarillo	*Hibiscus rosa-sinensis* L.	Malvaceae	Ar	82
Pasto, zacate, zacate de ciénega	*Echinochloa colona* (L.) Link	Poaceae	H	81
Flor amarilla, hierba amarilla, mozote amarillo	*Baltimora recta* L.	Asteraceae	H	78
Zacate	*Cyperus tenuis* Sw.	Cyperaceae	H	78
Chico zapote, zapote chico, zapote faisán	*Manilkara zapota* (L.) P. Royen	Sapotaceae	A	75
Chacuaco, huizache	*Cestrum tomentosum* L. f.	Solanaceae	A	75
Café	*Coffea arabica* L.	Rubiaceae	Ar	73
Cacahuatillo	*Desmodium tortuosum* (Sw.) DC.	Fabaceae	H	72
Caimito, jiya, pistillo	*Chrysophyllum mexicanum* Brandegee ex Standl.	Sapotaceae	A	72
Guaco	*Centrosema pubescens* Benth.	Fabaceae	B	71
Pasto trepador	*Oplismenus hirtellus* (L.) P. Beauv.	Poaceae	H	70
	Rumex acetosella L.	Polygonaceae	H	70
Huacalillo, sallolisca, tepozán, tepozán zompantle, xompantle, zompantle	*Buddleja cordata* Kunth	Scrophulariaceae	A	70
Chayote, erizo, jerizo	*Sechium edule* (Jacq.) Sw.	Cucurbitaceae	H	69

Nombre común	Especie	Familia	Tipo	Número de registros
Equimite, gasparito, pichoco	*Erythrina americana* Mill.	Fabaceae	A	69
Estrella de África, pasto estrella, trencilla	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	Poaceae	H	69
Mango	*Mangifera indica* L.	Anacardiaceae	A	68
Perilla, perlita	*Lopezia racemosa* Cav.	Onagraceae	H	68
Camalote, guinea, privilegio, pasto privilegio, zacate, zacate cola de zorra, zacate guinea, zacate Pangola, zacate privilegio	*Urochloa maxima* (Jacq.) R.D. Webster	Poaceae	H	68
Sauco, sauco blanco, sauco cimarrón, sauco rojo	*Sambucus nigra* L.	Adoxaceae	A	67
Ginecaile, inequí, jinicuil	*Inga inicuil* Schltdl. & Cham. ex G. Don	Fabaceae	A	67
Grama, pasto bahía, zacate orcheta	*Paspalum notatum* Flüggé	Poaceae	H	67
Zacate de año, zacate cosecha	*Brachiaria fasciculata* (Sw.) Parodi	Poaceae	H	67
Mal hombre	*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst.	Euphorbiaceae	A	66
Esparto colorado, esparto rojo	*Fimbristylis spadicea* (L.) Vahl	Cyperaceae	H	65
Carne de perro, congolote, flor amarilla	*Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng.	Bixaceae	A	64
	Verbesina turbacensis Kunth	Asteraceae	H	63
Caballero, camarón, escahuite, juaguilto, San José, tabachín	*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.	Fabaceae	A	63
Tío del maíz, zacate Jonhson	*Sorghum halepense* (L.) Pers.	Poaceae	H	63
Anicillo, liendrecillo, zacate	*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.	Poaceae	H	63
Encino, encino delgado, laurel, mochilahua	*Quercus laurina* Bonpl.	Fagaceae	A	62
Chancarro, guarumbo	*Cecropia obtusifolia* Bertol.	Urticaceae	A	62
Cabeza de viejito	*Sonchus oleraceus* L.	Asteraceae	H	60
Lengua de vaca	*Rumex obtusifolius* L.	Polygonaceae	H	60
Pasto	*Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees	Poaceae	H	59
Guaje, guaje manso, huaje, legumbre	*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit	Fabaceae	A	58
Moco blanco, pipicho, pipitza, pipitzo, pipitzio	*Saurauia scabrida* Hemsl.	Actinidiaceae	A	54
Hierba prieta, mozote amarillo	*Sclerocarpus uniserialis* (Hook.) Benth. & Hook. F. ex Hemsl.	Asteraceae	H	54
	Paspalum plicatulum Michx.	Poaceae	H	54
	Macroptilium atropurpureum (DC.) Urb.	Fabaceae	H	52
	Dactyloctenium aegyptium (L.) Willd.	Poaceae	H	52
Amarillo, quebracho, quebrache	*Diphysa robinioides* Benth.	Fabaceae	A	51
Naranjillo	*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.	Rutaceae	A	51
Ilite	*Alnus jorullensis* Kunth	Betulaceae	A	50
Habín	*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.	Fabaceae	A	50
Maralfalfa, pasto King grass, zacate, zacate gringo	*Pennisetum purpureum* Schumach.	Poaceae	H	50
Chacalmaitl	*Citharexylum hidalgense* Moldenke	Verbenaceae	Ar	50

A: árbol, Ar: arbusto, B: bejuco, H: hierba.

Apéndice 2. Municipios de Veracruz con registros de plantas forrajeras.

Municipio	Número de especies	Número de registros	Municipio	Número de especies	Número de registros
Emiliano Zapata	145	686	Atoyac	46	67
Veracruz	104	645	Cosautlán de Carvajal	36	64
Xalapa	120	630	Martínez de la Torre	37	63
San Andrés Tuxtla	127	623	Tecolutla	33	63
Paso de Ovejas	96	613	Cosamaloapan	36	62
Actopan	116	558	Fortín	41	61
Catemaco	113	532	Playa Vicente	38	59
Coatepec	111	378	Las Minas	37	58
La Antigua	75	374	Tlaltetela	37	57
Jalcomulco	97	373	Minatitlán	37	56
Puente Nacional	105	358	Las Choapas	38	55
Pánuco	70	262	Ixhuacán de los Reyes	33	53
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	100	261	Tres Valles	37	47
Uxpanapa	70	258	Ozuluama de Mascareñas	30	47
Soteapan	73	229	Acayucan	25	47
Xico	75	214	Paso del Macho	30	45
Perote	38	203	Tierra Blanca	28	45
Orizaba	68	195	Úrsulo Galván	30	44
Papantla	67	175	Maltrata	23	43
Totutla	66	163	Tamiahua	22	43
Teocelo	65	156	Banderilla	29	42
Huayacocotla	42	156	Tantoyuca	28	42
Ángel R. Cabada	85	146	Tepetzintla	27	42
Jilotepec	67	143	Nautla	28	38
Córdoba	74	139	Pueblo Viejo	28	38
Las Vigas de Ramírez	26	128	Hueyapan de Ocampo	19	38
Yecuatla	55	119	Tempoal	24	37
Mecayapan	55	115	Cotaxtla	31	35
Tezonapa	64	112	Cazones	27	35
Acajete	41	112	Medellín	25	35
Alvarado	50	107	Tepetlán	22	35
Amatlán de los Reyes	47	107	Comapa	29	34
Naolionco	53	106	Coscomatepec	23	34
Calcahualco	38	106	Soledad de Doblado	29	32
Coatzacoalcos	56	104	Tampico Alto	23	32
Apazapan	52	104	Yanga	12	31
Zongolica	52	97	Gutiérrez Zamora	24	30
Huatusco	42	97	Tlacotalpan	22	29
Misantla	60	94	Jesús Carranza	20	29
Chiconquiaco	30	85	Hidalgotitlán	19	29
Vega de Alatorre	48	83	Miahuatlán	17	29
Acultzingo	35	82	Zentla	15	29
Tlalnelhuayocan	41	74	San Juan Evangelista	19	28
Tlapacoyan	41	74	Coacoatzintla	25	27
Chicontepec	37	74	Tonayán	20	27
Atzalan	42	72	Boca del Río	13	27
Santiago Tuxtla	36	71	Altotonga	17	26

Municipio	Número de especies	Número de registros	Municipio	Número de especies	Número de registros
Tatatila	19	23	Tlacotepec de Mejía	7	8
La Perla	15	23	Adalberto Tejeda	6	8
Tlalixcoyan	21	22	Ixhuatlán del Café	4	8
Coxquihui	18	22	Tepatlaxco	7	7
Tenampa	17	22	El Higo	7	7
Temapache	16	21	Ixmatlahuacan	7	7
Tlaquilpa	16	21	San Andrés Tenejapan	7	7
Atzacan	13	21	Zozocolco de Hidalgo	4	7
Rafael Delgado	4	21	Amatitlán	6	6
Poza Rica	18	20	Juan Rodríguez Clara	6	6
Tihuatlán	17	20	Tequila	6	6
Chalma	17	20	Benito Juárez	5	6
Mariano Escobedo	16	20	Isla	5	6
Astacinga	15	20	Castillo de Teayo	5	6
Colipa	13	20	Carrillo Puerto	5	5
Pajapan	15	18	Río Blanco	5	5
Acatlán	11	18	Xoxocotla	4	5
Chontla	11	18	Agua Dulce	4	5
Ignacio de la Llave	15	17	Chacaltianguis	4	4
Lerdo de Tejada	14	17	Ixcatepec	4	4
Villa Aldama	13	17	Naranjal	4	4
Jalacingo	12	17	Oluta	4	4
Cuitláhuac	16	16	Platón Sánchez	4	4
Manlio Fabio Altamirano	16	16	Soledad Atzompa	4	4
Omealca	15	16	Tlilapan	4	4
Chocamán	14	16	Tomatlán	4	4
Sayula de Alemán	14	16	Tatahuicapan	2	4
Rafael Lucio	10	15	Alpatláhua	3	3
Coetzala	10	14	Camerino Z. Mendoza	3	3
Ayahualulco	11	13	Chinampa de Gorostiza	3	3
Cerro Azul	12	12	Ixhuatlancillo	3	3
José Azueta	10	12	Nogales	3	3
Tantima	9	12	Tehuipango	3	3
Texhuacán	9	12	Aquila	2	3
Jáltipan	10	11	Atlahuilco	2	3
Tlacolulan	10	11	Citlaltépec	2	2
Coatzintla	9	11	Coyutla	2	2
Espinal	9	10	Mixtla de Altamirano	2	2
Ixhuatlán de Madero	9	10	Otatitlán	2	2
Zontecomatlán	9	10	Sochiapa	2	2
Jamapa	8	10	Tuxtilla	2	2
Texistepec	8	10	Tlacojalpan	1	2
Tlachichilco	8	10	Acula	1	1
Cosoleacaque	9	9	Magdalena	1	1
Huiloapan	6	9	Saltabarranca	1	1
Reyes	6	9	Soconusco	1	1
Tancoco	8	8	Zacualpan	1	1
Cuichapa	7	8			

La ganadería en los humedales: ¿TIENE FUTURO?

Patricia Moreno-Casasola, M. Elizabeth Hernández, Adolfo Campos, César Vázquez-González, Hugo López-Rosas, Luis A. Peralta-Peláez, Roberto Monroy

La ganadería en las zonas costeras tropicales es una actividad muy frecuente. Se desarrolla en distintos ecosistemas, entre ellos en las dunas y en los humedales, también en planicies costeras que habían sido ocupadas por selvas; se trata de ambientes distintos, por lo que el manejo que se hace de los potreros en cada tipo de ambiente tiene diferentes características. En las planicies costeras los terrenos son planos y hay algunos suelos fértiles y otros menos; en las dunas, hay poca materia orgánica y capacidad de retención de agua, por lo que la vegetación es rala; en los humedales predomina la inundación y gran cantidad de vegetación, pero se trata de suelos fangosos.

En México, 43.8% del territorio nacional se ocupa exclusivamente en actividades ganaderas, además de un 14.7% que se dedica a actividades agropecuarias (INEGI, 2004). Ello habla de la importancia de esa actividad tanto desde el punto de vista productivo como del impacto que el manejo de este territorio tiene sobre el ambiente. En Veracruz, INEGI (2014) ha reportado 3,355,902 cabezas de ganado bovino, seguido por Jalisco con 2,328,864 cabezas. En la serie IV de INEGI de uso del suelo y vegetación, se reporta que hay 3,040,170 ha de sistema pastoril en el estado de Veracruz.

La ganadería no solamente ha incrementado su superficie en la entidad veracruzana; ahora existen grupos de pobladores que llevan a cabo esta actividad económica, aun cuando la tierra y sus condiciones biofísicas y climatológicas no son idóneas. En las Estadísticas Históricas de México (INEGI-INAH, 1990) se estima que en las décadas de 1940 a 1970, entre 50% y 92% de las tierras privadas de labor se dedicaron a la agricultura, de 8% a 50% a la ganadería y tan sólo entre 0.14% y 1.21% a la silvicultura. En el mismo periodo, entre 80% y 96% del total de tierras ejidales-comunales se destinaron a las actividades agrícolas, mientras que de 4% a 20% a la ganadería y solamente entre 0.08% y 4.75% a la silvicultura. Sin embargo, cuando se comparan las estadísticas por superficie (hectáreas), entre 55% y 76% de las tierras privadas se dedicaron a la ganadería y entre 7% y 43% a la agricultura. Por lo tanto, la superficie de las tierras ejidales-comunales es diferente de las privadas; entre 71% y 92% de estas tierras ejidales/comunales se destinaron a usos agrícolas, entre 7.33% y

29% a usos ganaderos y entre 0.18% y 9.54% a la silvicultura. En otras palabras, la ganadería ha estado principalmente en tierras privadas (entre 82.3% y 94%) y muy poco en ejidales-comunales (de 6.31% a 18%). Ello indica que durante esta época los ganaderos pertenecían al sector privado fundamentalmente. La situación cambia para 1991. De acuerdo con el uso del suelo, 28.7% de la superficie agropecuaria en México se dedicó a la agricultura, 62.05% correspondió a superficies dedicadas a la ganadería y 8.11% a zonas forestales con bosques, selvas y pastos. Con respecto a los datos de 1940-1970 implica un fuerte cambio en la actividad productiva y la incorporación de mayor proporción de tierras ejidales-comunales a la ganadería.

El inicio de la ganadería en Veracruz

La ganadería llegó a América a través de México y en particular vía el Golfo de México, particularmente por el estado de Veracruz, con la llegada de Hernán Cortés. Los colonizadores europeos, principalmente ganaderos, introdujeron varias razas de ganado criollo de la especie *Bos taurus,* que durante cuatro siglos fue criado y naturalizado en el trópico mexicano (Guevara y Moreno-Casasola, 2008). Para 1620 se estimaba que en el centro de la Nueva España ya pastaban 1,300,000 reses y 8,100,000 borregos y cabras en una superficie de 1.5 millones de hectáreas (Barrera-Bassols, 1996).

Por otro lado, la desocupación del territorio se aceleró con la aparición de las epidemias (en los años 1546, 1555, 1576) que diezmaron a la población. Se estima que en la ciudad de Cempoala, Veracruz, llegaron a habitar 20 mil personas, lo que quedó reducido a sólo 30 casas. Hacia 1580 se implementó una política de destrucción de caseríos y de concentración de sus habitantes, por el afán de los religiosos de facilitar la evangelización, juntando a los indígenas alrededor de un convento o iglesia, así también, por una iniciativa civil que pretendía el control de la fuerza de trabajo y la ocupación y uso de las tierras (Skerrit, 1993). Todo ello modificó drásticamente la forma de ocupación del territorio, desapareciendo las formas indígenas de actividad y de manejo del paisaje (Guevara y Lira-Noriega, 2004).

Es importante mencionar que la presencia de la población actual en la planicie costera veracruzana es relativamente reciente y abarca unas pocas generaciones, dependiendo del lugar. Historiadores, antropólogos y geógrafos que han estudiado la franja costera de este estado (Skerrit, 1993; Paradowska, 2006), han demostrado claramente que este proceso de desaparición del elemento indígena de la región dejó un "vacío" durante los siglos posteriores a la Conquista, para poblarse de manera lenta y dispersa con los nuevos grupos de colonizadores, proceso que aumentó durante los últimos 130 años, intensificándose con el reparto de tierras durante la creación de los ejidos. Hasta los años setenta la abundancia de recursos, la disponibilidad de tierras y la baja densidad poblacional fueron los principales estímulos que contribuyeron a la conformación demográfica de la zona; sin embargo, a raíz de las iniciativas federales nuevos factores incidieron en el crecimiento de la zona por medio de la inmigración.

En particular, en las regiones del Golfo y del sureste de México, se puso en marcha una apertura de fronteras agropecuarias en las regiones aún cubiertas por selvas (Skerritt, 1993), la cual fue acompañada por un cambio de razas de ganado, dado por la introducción del ganado cebú (*Bos indicus*) a México y su posterior predominio, reemplazando al ganado criollo introducido por los españoles (*Bos taurus*). Este desmonte del trópico es lo que ha llevado a considerar que la ganadería bovina sea la principal causa de deforestación en el trópico húmedo y subhúmedo (Toledo, 1990; Fernández-Ortiz *et al.,* 1993). Asimismo, a partir de 1870, pero sobre todo en la primera mitad del siglo XX, hubo una entrada de pastos exóticos, especialmente a Brasil y de ahí se distribuyeron hacia México, los cuales fueron sustituyendo a los pastizales de especies nativas; algunos de estos pastos se convirtieron en plantas invasoras (López-Rosas *et al*., 2013).

Así, los cambios más importantes en esta actividad ocurrieron en la década de los cincuenta-setenta y consistieron en: i) la incorporación de tierras ejidales-comunales a la actividad ganadera, ii) la transformación de tierras agrícolas en potreros, iii) en un desmonte aún mayor de tierras forestales (particularmente las selvas del trópico húmedo) para pastizales, iv) en la expansión de la ganadería en los matorrales áridos y semiáridos, vi) la expansión de la ganadería sobre los humedales, v) la introducción de especies exóticas cuyo uso se está expandiendo, vi) la consolidación económica y política de una parte del sector ganadero

(Guevara y Moreno-Casasola, 2008). Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es analizar el impacto que la ganadería tiene sobre ecosistemas de humedales costeros de agua dulce, establecer el valor económico de las planicies costeras tropicales a partir del valor comercial de la ganadería y con base en ello explicar su futuro en términos del manejo de los recursos naturales bajo los actuales escenarios económicos y de cambio climático.

Los humedales

Los humedales tropicales más extensos de México se distribuyen a lo largo de las llanuras costeras (Figura 1). Incluyen manglares, marismas de agua dulce, ciénagas y pantanos que forman pendientes que difieren en la salinidad, el grado y la temporalidad de las inundaciones y, por lo tanto, de la vegetación. Los humedales son tierras de transición entre los sistemas terrestres y acuáticos, donde el nivel freático suele estar en la superficie o cerca de ella, o la tierra está cubierta por aguas someras (Cowardin *et al.,* 1979). Estos humedales tienen alta diversidad vegetal y animal y proporcionan numerosos servicios ecosistémicos importantes. Estos servicios son las funciones propias de los ecosistemas que contribuyen al bienestar humano y ayudan a sostener la biosfera, es decir, la vida en la Tierra (Costanza *et al.,* 1997). Por lo tanto, los humedales no son sólo lugares; deben ser considerados entidades que benefician a la sociedad por el solo hecho de existir.

Hay varios tipos de humedales sobre las costas. Los manglares son bosques formados por pocas especies con inundación variable a lo largo del año y que toleran la salinidad ya que reciben la influencia de las mareas. Por detrás de los manglares, donde predomina el agua dulce, se ubican las selvas inundables (ciénagas) dominadas por distintas especies como el apompo

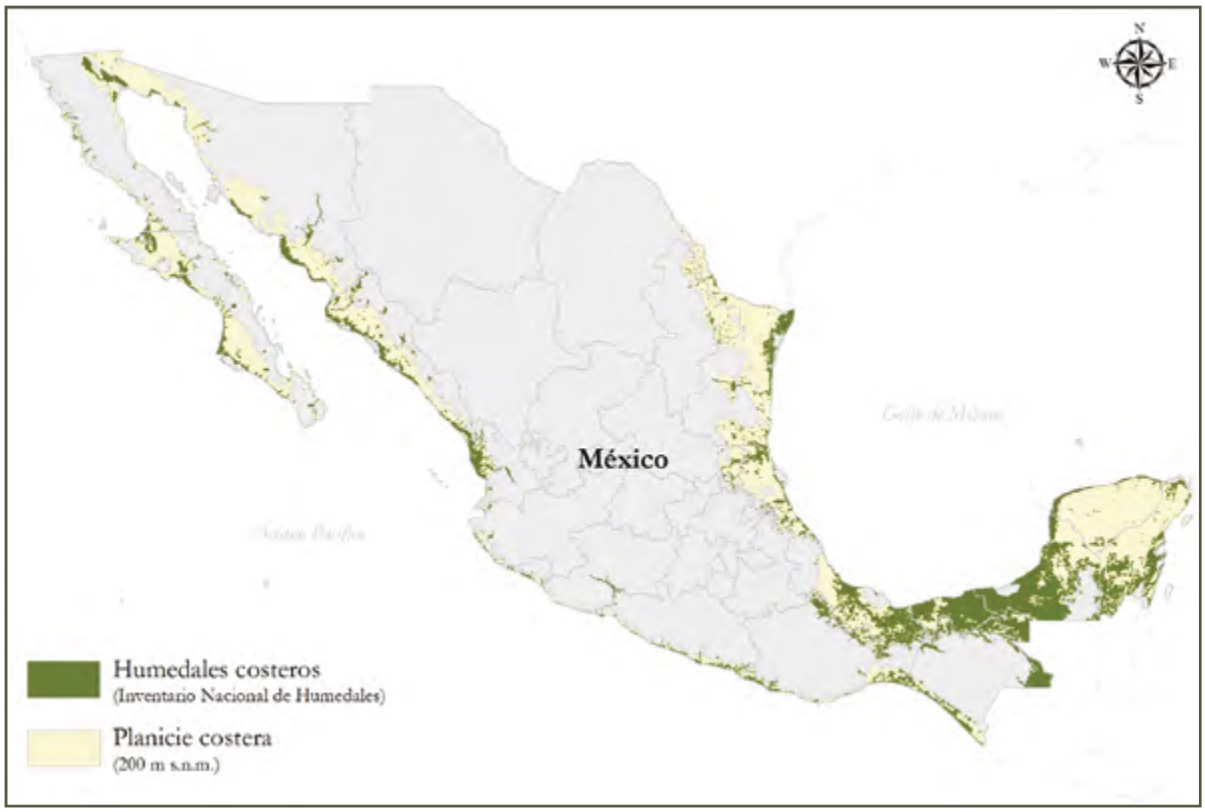

Figura 1. Mapa de México mostrando la distribución de los humedales costeros; se indica la cota altitudinal de 200 msnm. Fuente: elaborado como parte del Inventario Nacional de Humedales (Conagua).

o zapote reventador (*Pachira aquatica*), la anona o corcho (*Annona glabra*), las higueras (*Ficus* spp.), entre otras. Se caracterizan por mantenerse inundadas entre tres y seis meses del año, con agua dulce (Moreno-Casasola *et al*., 2016). Los humedales herbáceos (tulares, carrizales y popales, frecuentemente llamados pantanos) permanecen entre nueve y 12 meses del año inundados, es decir, la mayor parte del año, con agua dulce. Los popales están formados por hierbas de hojas anchas: platanillo (*Pontederia sagittata);* caracolillo, hoja popai (*Thalia geniculata);* cola de pato (*Sagittaria lancifolia*) y alcanzan un metro y medio de altura. Los tulares están formados por plantas de hojas angostas de hasta tres metros de alto, dominados por el tule, nea, espadaña o chuspata (*Typha domingensis*). Los carrizales también están formados por hierbas altas de pastos y carrizos: carrizo común (*Phragmites communis); Cyperus giganteus*- zacate, popote y cañita; *Cyperus articulatus*- chintul grande, junco, tule redondo. Finalmente, los potreros inundables son zonas utilizadas para cría de ganado, que se inundan parte del año y que en algún momento fueron selvas inundables o humedales herbáceos (Moreno-Casasola *et al*., 2010, 2012, 2016; Figura 2). Muchos humedales se han convertido en potreros, en diferente grado; aquellos con menores tiempos de inundación son los preferidos.

La inundación en los humedales

Como su nombre lo indica, los humedales se caracterizan por la presencia de agua. Ésta puede durar desde pocos meses sobre el suelo hasta casi todo el año. La inundación produce estrés en las plantas ya que el oxígeno se transporta 10 mil veces más lentamente en el agua que inunda los poros del suelo, que en el aire que ocupaba esos espacios antes de que se inundara. El oxígeno es la base de la vida en la Tierra y las plantas no son la excepción. Las plantas de los humedales (conocidas como acuáticas o hidrófitas) han desarrollado adaptaciones que les permiten vivir bajo esas condiciones, pero no son muchas las que tienen esa capacidad.

Una de las características físicas fundamentales de los humedales es el nivel del agua y su fluctuación en el tiempo, que es particular de cada tipo de humedal. Por lo tanto, la hidrología es un componente fundamental que mantiene la estructura y las funciones y procesos ecológicos de estos ecosistemas. Las condiciones hidrológicas afectan un gran número de factores abióticos y bióticos, lo que produce anaerobiosis o falta de oxígeno en el suelo, altera la disponibilidad de nutrientes y en los humedales costeros modifica la salinidad (Mitsch y Gosselink, 2000).

Cada tipo de humedal mantiene una determinada cantidad de agua, lo cual funciona como una cuenta de banco. Los componentes que mantienen el abastecimiento o presupuesto de agua en el humedal son las entradas y las salidas de agua. Las entradas son la lluvia, el escurrimiento de aguas superficiales y subterráneas y las mareas (en las zonas costeras). Las salidas son la evaporación del agua del propio humedal, la transpiración o pérdida de agua por las plantas, los escurrimientos de aguas superficiales y subterráneas y las mareas.

La temporalidad, profundidad y el momento de la inundación, así como las características fisicoquímicas del agua (salinidad, conductividad, pH, transpa-

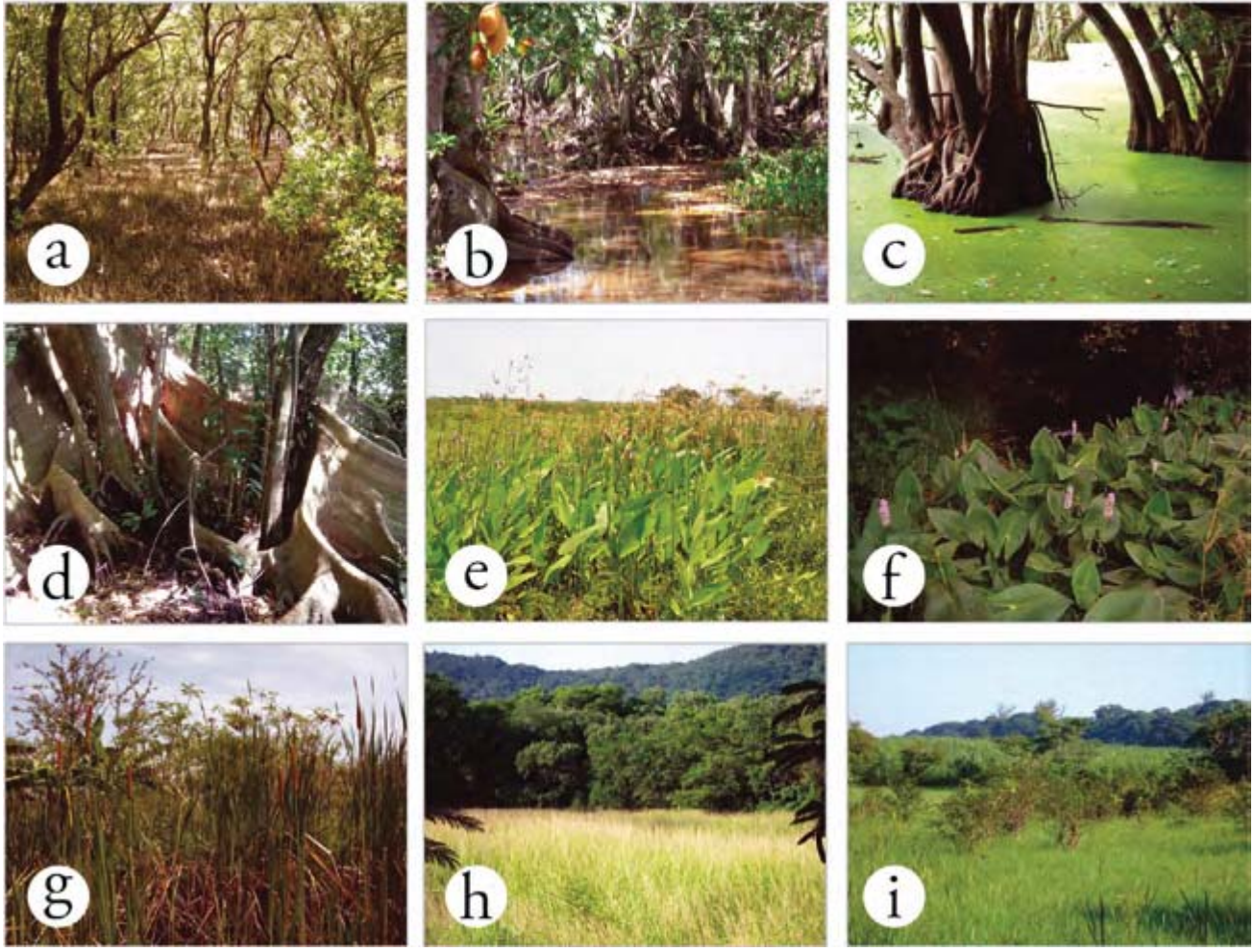

Figura 2. a) manglar dominado por mangle blanco (Laguncularia racemosa) y mangle negro (Avicennia germinans), b) selva inundable de apompo o zapote reventador (Pachira aquatica), c) selva inundable de anona o corcho (Annona glabra), d) selva inundable de higueras (Ficus spp.), e) carrizal de popote o cañita (Cyperus giganteus) y de hoja popai (Thalia geniculata), f) popal de platanillo (Pontederia sagittata), g) tular de nea o espadaña (Typha domingensis), h) potrero inundable de pasto alemán (Echinochloa pyramidalis), i) potrero inundable mezclado con pasto estrella de África (Cynodon dactylon) (Fotos: G. Sánchez Vigil).

rencia, densidad, oxígeno disuelto, etc.) son factores que regulan el establecimiento de las diferentes comunidades o tipos de humedales (Blom y Voesenek, 1996; Mitsch y Gosselink, 2000). Así, el hidroperiodo se puede definir como el patrón estacional del nivel del agua del humedal, esto es el incremento o caída del nivel del agua superficial o subterránea que está influenciado por las entradas y salidas de agua. Es la firma del humedal (Figura 3).

La figura 3*a* muestra que las selvas inundables son las que permanecen menos tiempo inundadas, excepto la Ciénaga del Fuerte, y en varias de ellas las raíces no se encuentran en contacto con el agua durante varios meses del año. Los picos de inundación se producen sobre todo hacia finales del año. Los popales son los que permanecen más tiempo inundados y en algunos casos el agua solo baja unos centímetros por debajo del nivel del suelo, es decir, la mayor parte del año las raíces están con condiciones de poco oxígeno.

La figura 3*b* muestra que hay potreros más húmedos y otros más secos. Los tres de Ciénaga del Fuerte no se inundaron, siempre el nivel del agua estuvo por debajo del nivel del suelo, indicado con el cero. Durante septiembre el agua

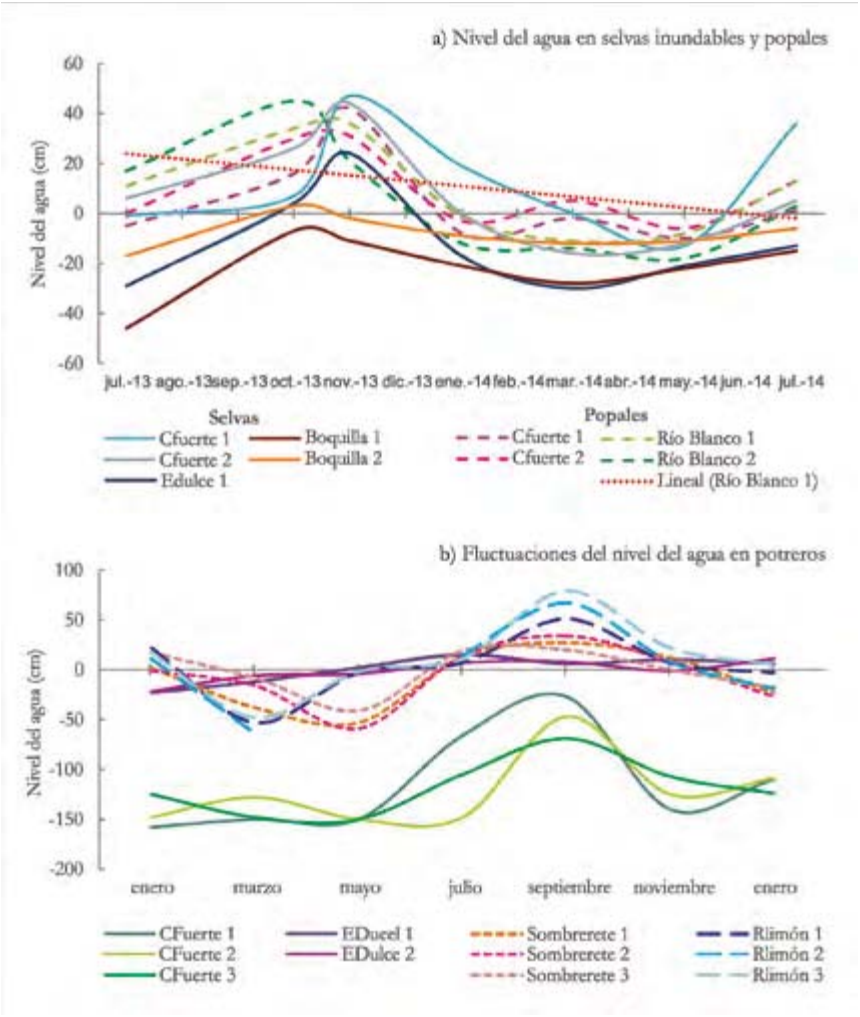

Figura 3. a) Fluctuación del nivel de agua (hidroperiodos) de las selvas inundables de Ciénaga del Fuerte, Estero Dulce (municipio de Tecolutla) y Río Blanco (región de Alvarado), así como de popales de Ciénaga del Fuerte y Río Blanco; b) Fluctuación del nivel de agua de los potreros que se ubican en el municipio de Tecolutla (denominados Ciénaga del Fuerte y Estero Dulce) y en la región de Alvarado (Sombrerete y río Limón).

subió y las raíces más profundas de los pastos estuvieron en condiciones de inundación. Los potreros de Alvarado son en los que el nivel del agua se eleva más durante la época de lluvias, sobre todo en septiembre. El agua casi alcanza el metro sobre el nivel del suelo y es la época en la que sacan al ganado de los humedales (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013). Durante las secas el agua baja 50 cm por debajo del nivel del suelo, en cambio, en Estero Dulce el agua se mantiene cerca del nivel del suelo todo el año.

El suelo de los humedales juega un papel fundamental, ya que es donde se produce el estrés por la escasez de oxígeno y donde se descompone con mayor o menor velocidad la materia orgánica. Los suelos en general están formados por capas que se denominan horizontes, los cuales tienen distintas propiedades (físicas, químicas y biológicas). Los suelos de humedales se llaman suelos hídricos. Se definen como un suelo saturado o inundado suficiente tiempo, durante la estación de crecimiento de las plantas, para producir condiciones de anaerobiosis en la parte superior. Las condiciones de anaerobiosis, es decir, bajas cantidades de oxígeno (la carencia se denomina anoxia) producen cambios físicos y químicos en el suelo, los cuales se vuelven aparentes y sirven como indicadores de condiciones hídricas. Los suelos hídricos pueden ser de dos tipos: orgánicos y minerales. Están formados de distintos tipos de materiales.

Los suelos orgánicos están formados de material vegetal parcialmente descompuesto (20-30% o más) y mezclado con elementos minerales. Se forman sobre todo en las selvas inundables, los popales y en algunos

tulares. En el campo pueden reconocerse fácilmente por su color oscuro, la textura fibrosa, gran porosidad y el peso ligero. Cuando se camina sobre ellos a menudo se sienten esponjosos. Los suelos minerales contienen menos de 20-30% de materia orgánica y están formados principalmente de arena, limo y arcilla, con una cantidad variable de arena gruesa, guijarros y piedras. Conforman la mayoría de los suelos del planeta. Se pueden presentar tanto en humedales como en todos los otros tipos de ecosistemas. Los suelos minerales hídricos son típicamente de color gris, o verdoso-gris y frecuentemente tienen manchas de color café, naranja o rojo por la oxidación del hierro. Son frecuentes en humedales que pasan periodos de tiempo inundados y periodos secos y se encuentran en algunos tulares y manglares.

El agua en el suelo es muy dinámica y ocupa el espacio poroso que se forma por el arreglo físico de las partículas sólidas (mineral y orgánica) del suelo. La densidad aparente es una medida que se realiza para conocer qué tan denso es un suelo. Depende de la estructura del suelo, refleja la forma y el arreglo de las partículas sólidas (minerales y orgánicas) y del espacio poroso del suelo. Los suelos que se han formado de material mineral tendrán una alta densidad aparente en comparación con los suelos formados de material orgánico. En general, la densidad aparente puede variar desde 0.2 g cm^{-3} o menos en suelos orgánicos (densidad aparente baja) con muchos poros a 2.0 g cm^{-3} o más en suelos minerales muy compactados (densidad alta). En un suelo sometido a presión (ganadería, maquinaría agrícola, sistemas agrícolas, etc.), primero se presenta un reordenamiento de los agregados o partículas, que luego se destruyen, incrementándose con ello la densidad aparente, disminuyendo la porosidad y afectando el movimiento del agua y del aire (Campos y Moreno-Casasola, 2009). Estos cambios alteran las propiedades del suelo de manera importante y muchas veces producen su degradación.

De humedales a potreros

Los humedales son ecosistemas muy productivos, con gran cantidad de materia orgánica y suficiente humedad todo el año, lo que permite un crecimiento de la vegetación. Aún en casos de inundación, las especies que viven en los humedales pueden crecer o bien mantenerse, por lo que siempre hay vegetación. Ello los hace apetecibles para el ganado. La vegetación nativa de los humedales mexicanos incluye especies palatables para el ganado. Muchas son ramoneadas y al caminar en un humedal potrerizado puede verse este impacto en el follaje. Sin embargo, hay varios pastos que el ganado busca particularmente (Figura 4). Entre ellos están: *Leersia hexandra* (lambedora o hierba de arroz), *L. oryzoides*, *Echinochloa crus-pavonis* (zacate de agua o pasto rayado) y *E. polystachya*, *E. colona* (arrocillo silvestre o zacate de agua), *Hymenachne amplexicaulis* (trompetilla, tuetillo, pasto corcho), *Urochloa mutica* (zacate Pará), *Cynodon dactylon* (pasto Bermuda), *Hyparrhenia rufa* (pasto jaragua). Algunos no solamente ocupan el potrero donde se sembraron, sino que invaden el humedal adyacente, como sucede con *Pennisetum purpureum* (pasto Taiwán o elefante) y *Echinochloa pyramidalis* (pasto alemán).

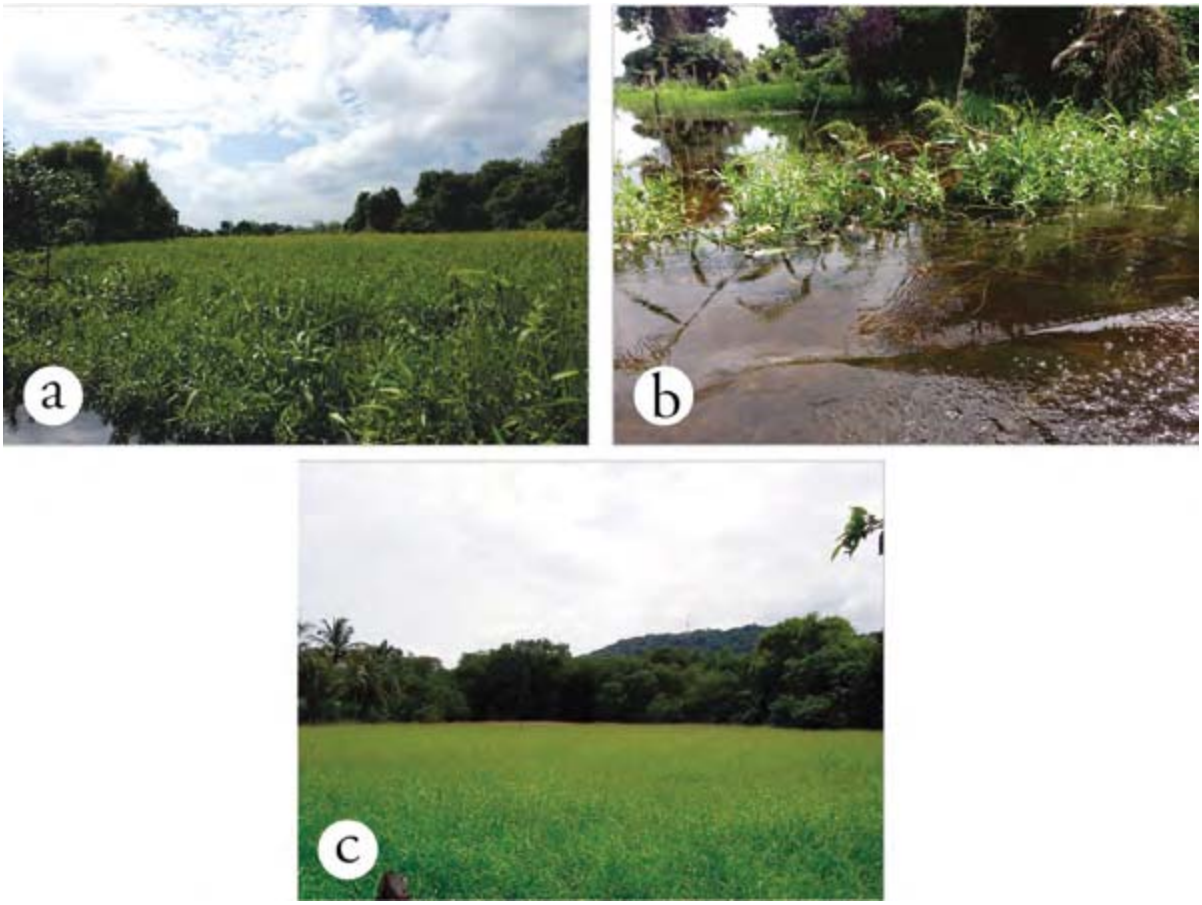

Figura 4. Pastos nativos en los humedales mexicanos: a) hierba de arroz (Leersia hexandra), b) tuetillo o pasto corcho (Hymenachne amplexicaulis), c) pasto alemán, especie exótica invasora (Echinochloa pyramidalis).

En general, los niveles de inundación en los potreros son más reducidos que en los humedales. Puede verse que las curvas se asemejan más a las de las selvas inundables (Figura 3*b*) y por ello este tipo de humedales es el que más se ha transformado o sustituido por potreros. Las curvas de los popales muestran inundaciones más prolongadas. En la figura 5 se pueden ver algunas fotografías de potreros inundables y en algunas de ellas restos de árboles de selva ya sea dejados como adultos al momento de talar o como tocones retoñando (Figura 5).

Varios tipos de humedales se usan como potreros, incluyendo los manglares, las selvas inundables, los popales y los tulares. Los manglares, por su salinidad e inundación, solo permiten el crecimiento de pocas especies herbáceas palatables, la principal *Spartina spartinae* (esparto o pasto aguja). Hoy en día el manglar es un ecosistema protegido legalmente, por lo que ya no se tala para potrerizarlo. Sin embargo, los otros tipos de humedales sí se han seguido usando para cría de ganado. Las selvas inundables son las que menos tiempo pasan inundadas y tienen suelos orgánicos y fértiles, por lo que los terrenos donde

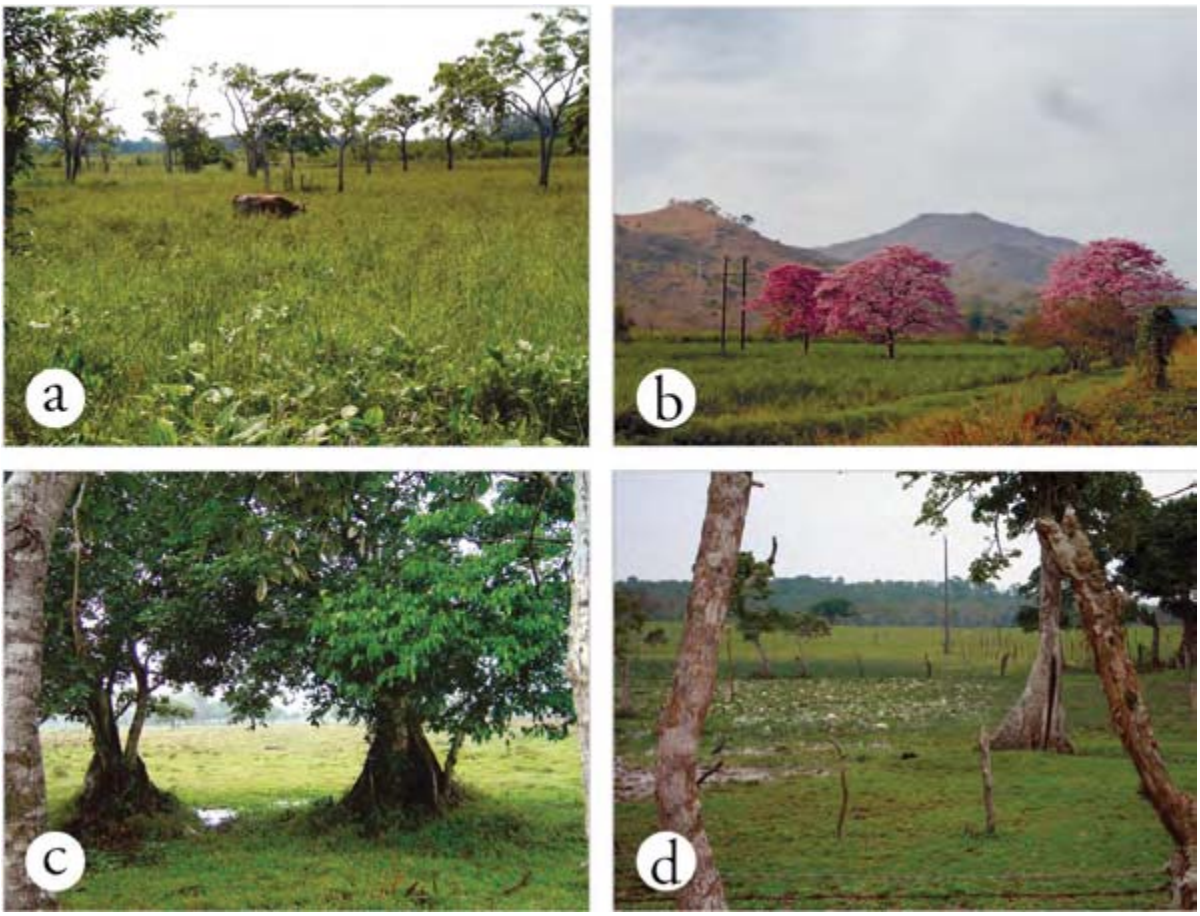

Figura 5. Imágenes de potreros inundables en Veracruz: a y b) potreros de pasto con árboles de roble (Tabebuia rosea), c y d) potreros con árboles de apompo (Fotos: G. Sánchez Vigil).

crecen han sido muy usados para la cría de ganado. Se talan los árboles, se aprovecha la madera y se introducen pastos. En los tulares y popales frecuentemente se libera el ganado y se deja ramonear unos meses y se saca durante los periodos de mayor inundación, como sucede en los humedales de Alvarado (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013). En el esquema de la figura 6, se muestran las modificaciones que los distintos manejos ganaderos producen en los humedales.

Las principales zonas ganaderas del estado de Veracruz se localizan en las cuencas medias o bajas de los principales sistemas fluviales de la vertiente del Golfo (Figura 7), por lo que es frecuente encontrar gran variedad de cuerpos de agua y humedales de agua dulce, diseminados a lo largo de extensas llanuras naturales y pastizales inducidos, donde se practica la ganadería extensiva (Olguín-Palacios, 1993). Estos terrenos se consideran improductivos y desde el punto de vista agrícola son destinados para el ganado bovino. La ganadería en los humedales se practica básicamente durante el periodo de sequía, que en la zona central del estado puede tardar de siete a ocho meses (Del Ángel, 1993;

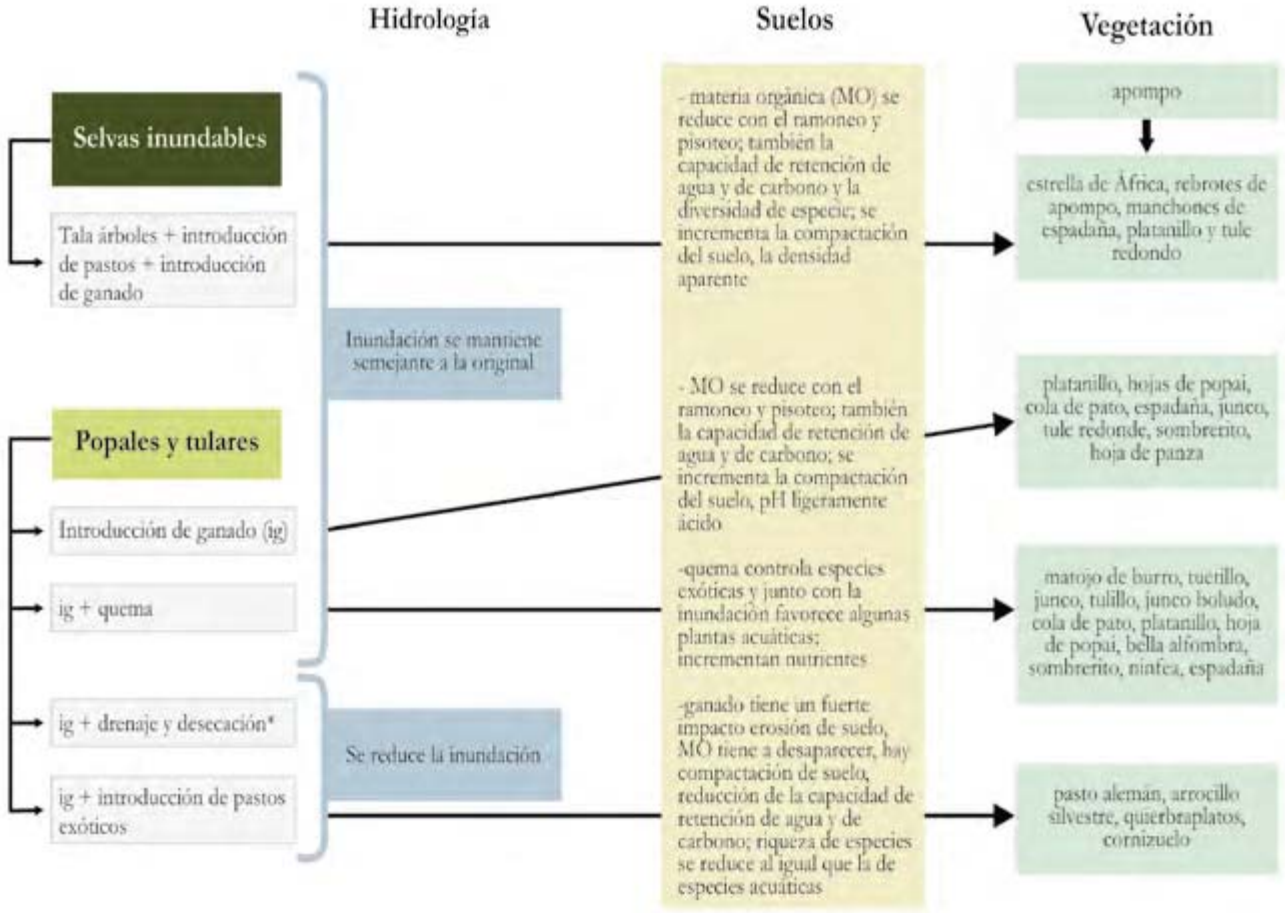

Figura 6. Esquema que muestra las modificaciones que los distintos manejos ganaderos producen en la hidrología, en el suelo y en la composición florística de los humedales herbáceos y arbóreos de agua dulce. (Modificado de Moreno-Casasola et al., 2012).

Olguín-Palacios, 1993; Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013). Cuando algún ganadero no dispone de diversidad microambiental ("bajos" y "altos"), renta terrenos o modifica los propios mediante excavaciones, compactación o relleno (Del Ángel, 1993). La tendencia dominante en los últimos años es hacia la desaparición gradual de esos humedales, dando paso a pastizales con una productividad ganadera baja (Olguín-Palacios, 1993) ya que los humedales se van transformando y perdiendo las características de estos ecosistemas.

En resumen, los terrenos sobre los que se desarrollan las distintas selvas inundables han sido los preferidos para establecer potreros ganaderos, debido a que permanecen menos tiempo inundados (menos de cinco meses; Figura 3*b*), al talar se obtiene madera y se pueden introducir pastos forrajeros que permiten mayor carga ganadera. Ello ha llevado a la casi total desaparición de las selvas inundables en Veracruz (Moreno-Casasola e Infante, 2010; Moreno-Casasola *et al.,* 2016) y a su sustitución por potreros. Solamente quedan remanentes alrededor de algunos manglares, parches en algunas planicies de inundación y la reserva en Ciénaga del Fuerte (Tecolutla), con la mayor superficie de selva de zapote reventador en el estado. Los humedales herbáceos, popales y tulares permanecen más tiempo inundados, por lo tanto la práctica más común es simplemente liberar el ganado y que se alimente de ellos, excepto cuando hay posibilidad de drenarlos para

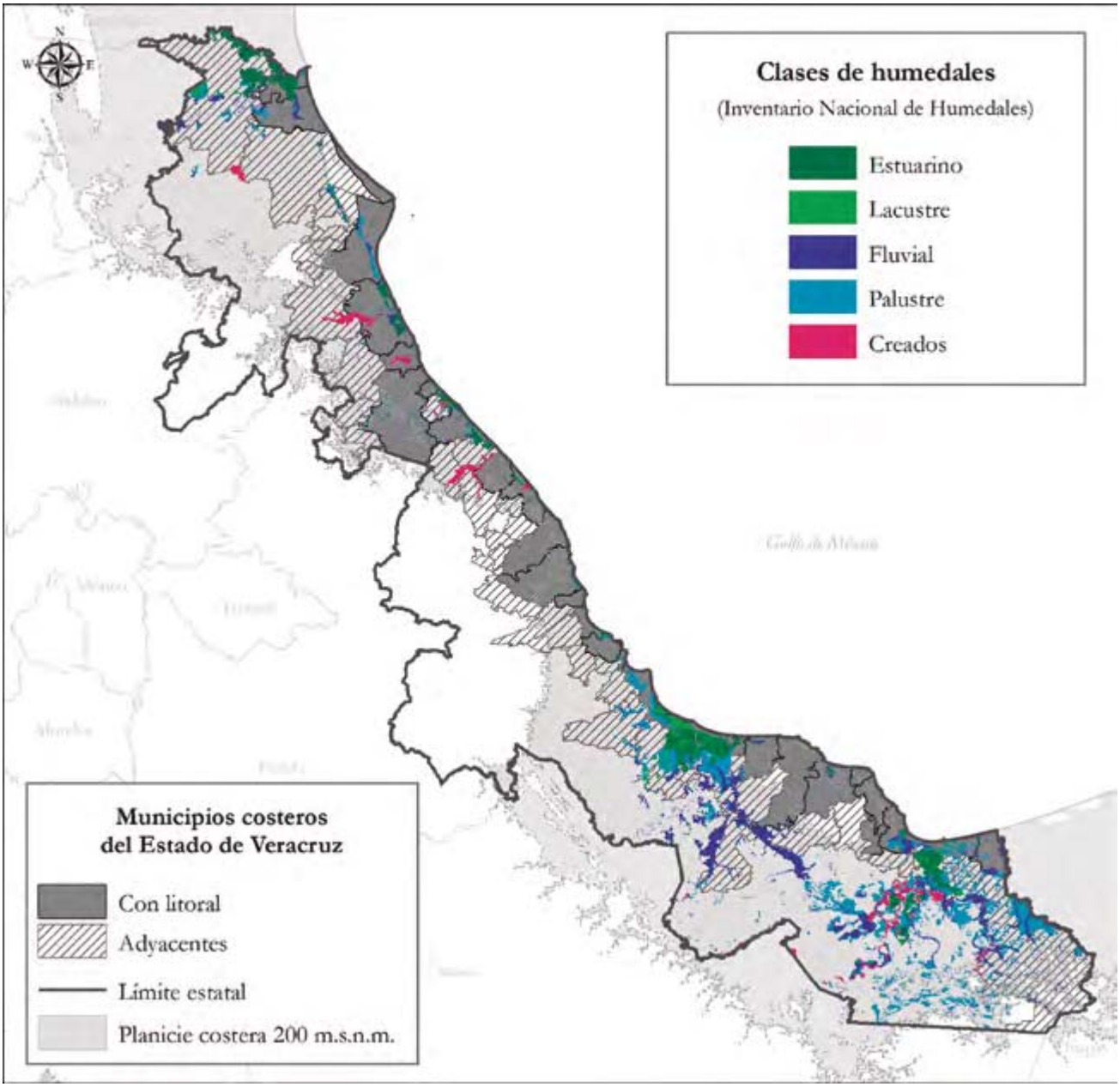

Figura 7. Mapa de Veracruz mostrando los municipios costeros, la cota altitudinal y la distribución de distintos tipos de humedales.

reducir el tiempo que permanecen inundados y tratarlos al igual que las selvas inundable (figuras 5 y 8). Por esas dificultades, los humedales herbáceos se han mantenido en el paisaje más que las selvas, sin embargo, la mayoría han sido potrerizados en algún grado. Una carga animal baja de una o dos cabezas por hectárea, hace posible que el humedal pueda recuperar sus funciones, tanto de la vegetación como algunas características del suelo. Esto pudo observarse en los humedales de Alvarado, los cuales permanecen inundados más de seis meses y solamente se ha introducido ganado (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013). La figura 8 muestra algunas imágenes de la ganadería en humedales en Veracruz.

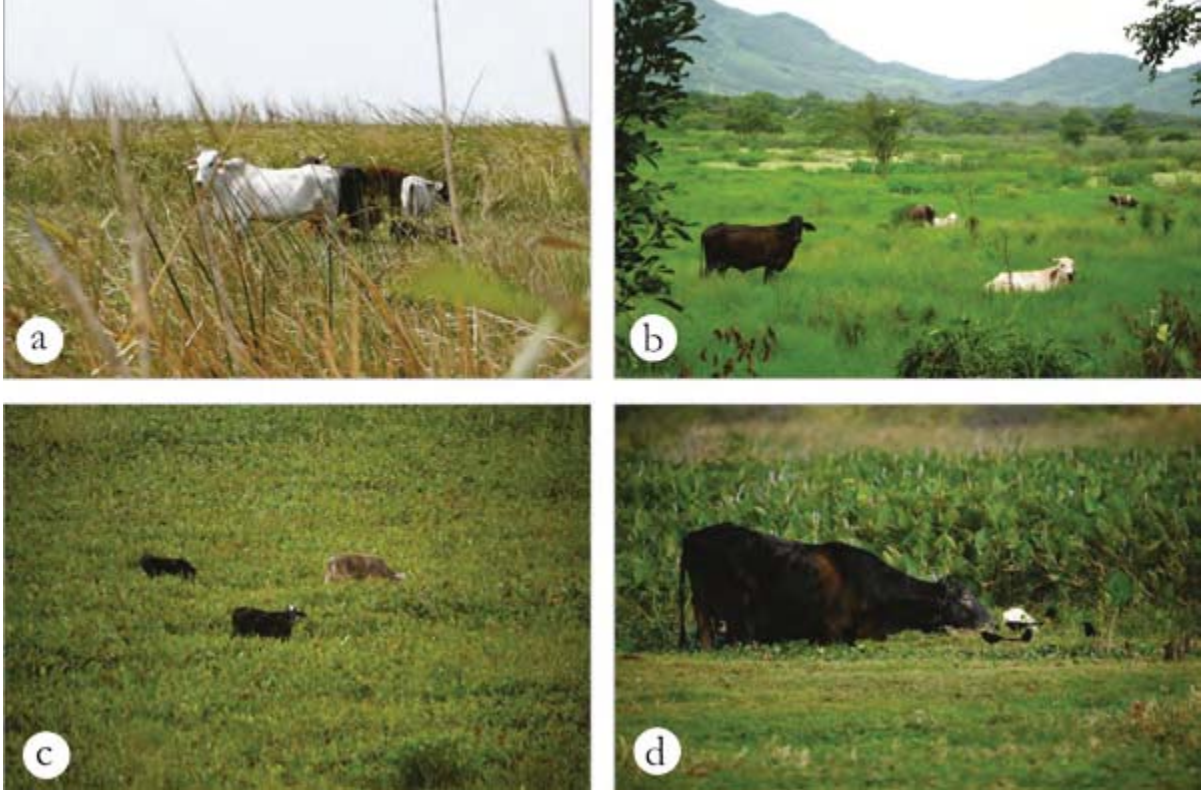

Figura 8. La ganadería en humedales del estado de Veracruz (Fotos: G. Sánchez Vigil).

Principales servicios ambientales que proporcionan los humedales

Los servicios de un ecosistema son los beneficios que la población humana obtiene, directa o indirectamente, de las funciones ecosistémicas, es decir, del funcionamiento de los ecosistemas (Costanza *et al.*, 1997). La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assessment, 2005) los refiere simple y llanamente como los beneficios que las personas obtienen a partir de los ecosistemas y completan la definición refiriéndose a ellos como las contribuciones directas e indirectas que los ecosistemas proporcionan al bienestar humano.

Se han dividido en cuatro grandes tipos. Las funciones de producción o provisión se refieren a los recursos o productos que se obtienen de la naturaleza (agua, alimentos, fibras); las funciones de regulación mantienen los procesos ecológicos esenciales y son el sistema de soporte de la vida (regulación del clima, fertilidad del suelo, etc.); las funciones de hábitat ofrecen un espacio adecuado para que vivan y se desarrollen las especies de animales y plantas silvestres. Finalmente, las funciones de información se refieren a cuestiones culturales, recreativas y de generación de conocimiento (Espejel *et al.*, 2016).

Los humedales tropicales han sido reconocidos debido a la gran cantidad de servicios ambientales que nos proporcionan, algunos de ellos derivados de la rica diversidad de plantas y animales que sustentan (Infante Mata *et al.*, 2011). Esta diversidad genética ayuda a mantener los procesos ecológicos de los humedales (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), como el almacenamiento de agua (Campos *et al.*, 2011, 2016), la retención de sedimentos (Knox *et al.*, 2008) y la contribución de forma sustantiva al ciclo de nutrientes (Ewel *et al.*,

1998; Drew *et al*., 2005). Entre los servicios ambientales (o ecosistémicos) más valiosos se encuentran la regulación de perturbaciones derivadas de las inundaciones ya que al almacenar agua y filtrarla reducen los picos de inundación (Ming *et al*., 2007; Campos *et al*., 2011, 2016; Espejel *et al*., 2016); también son importantes sumideros de carbono (Moreno *et al*., 2002; Campos *et al*., 2011; Marín-Muñiz *et al*., 2014; Hernández *et al*., 2016); realizan un tratamiento de residuos, es decir, depuran o limpian el agua, ya que las plantas de los humedales absorben el exceso de nutrientes que escurren disueltos en el agua y adsorben herbicidas (Zheng *et al*., 2017); suministran agua después de ser filtrada lentamente, para incorporarla al manto freático donde se ubican pozos (Huang *et al*., 2008); sirven de hábitat y de producción de alimentos, al dar refugio a peces, juveniles y larvas de crustáceos y aportar nutrientes a las lagunas costeras y cuerpos de agua dulce (Aburto-Oropeza *et al*., 2008; Vázquez-González *et al*., 2015); funcionan como escudos protectores (bioshields) contra tormentas y marejadas (Selvam *et al*., 2005; Thuy *et al*. 2012); además de contribuir al ciclo de nutrientes, pueden aportar servicios culturales y recreativos como el ecoturismo, aportando paisajes de alta calidad estética, etc. (Mitsch y Gosselink, 2000; Vörösmarty *et al*., 2005; Espejel *et al*., 2016).

La biodiversidad

Los humedales herbáceos y arbóreos conjuntan varios tipos de ecosistemas que se caracterizan por una composición florística diferente y un funcionamiento particular. En ellos varía el nivel del agua, el tiempo de permanencia de la inundación y la salinidad. Conjuntan gran cantidad de especies arbóreas y herbáceas que forman los manglares, selvas inundables, popales y tulares, con su fauna asociada (aves, mamíferos, reptiles, anfibios, bacterias, etc.). Son especies adaptadas a condiciones estresantes, por la falta de oxígeno que se produce durante la inundación. Esta biodiversidad tiene gran valor ya que son especies adaptadas a condiciones muy específicas, que juegan un papel muy importante en el funcionamiento de estos ecosistemas y en los servicios ambientales que prestan. Esta biodiversidad cobra mayor importancia frente a las variaciones e impactos del cambio climático. Éste afectará la cantidad de agua en el paisaje, incrementándolas en las zonas donde se producen más lluvias torrenciales y huracanes y reduciéndolas en las zonas donde se están incrementando las sequías. Por tanto, los humedales están entre los ecosistemas más afectados. La tolerancia de sus especies a distintos niveles de inundación ayudará a que estos ecosistemas permanezcan y sigan proveyendo servicios ambientales.

Los depósitos de carbono en el suelo

Uno de los servicios ambientales de regulación más importante que proveen frente al cambio climático, es el secuestro de carbono ya que tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono en los suelos, debido a las condiciones de inundación que favorecen la alta productividad de las plantas y bajas tasas de descomposición de la materia orgánica (Hernández, 2010). Este servicio ambiental beneficia a los seres humanos, porque mitiga el cambio climático al remover el bióxido de carbono del aire, por lo tanto, cada vez cobra mayor importancia. De acuerdo con el reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), el secuestro de carbono puede ser una alternativa de bajo costo para mitigar el calentamiento global (IPCC, 2007).

Actualmente, se hacen intentos por establecer mercados de bonos de carbono, mediante los cuales el carbono almacenado tenga un precio en el mercado internacional y el productor reciba un beneficio económico por su conservación. En este sentido los humedales de agua dulce son los que almacenan más carbono y por lo tanto tendrán mayor valor, tal y como lo estimaron Vázquez-González *et al*. (2017) a partir de la metodología del protocolo de Kyoto y de REDD+. Los resultados mostraron que una hectárea de humedal costero (manglar, popal, tular y selva inundable) tiene mayor rentabilidad económica y viabilidad ecológica que la cría de ganado en el Sistema Lagunar de Alvarado en el estado de Veracruz, México.

Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y vapor de agua, han aumentado considerablemente a partir de la revolución industrial, sobre todo debido a la utilización de combustibles fósiles y los cambios en el uso de los suelos. En los últimos años se ha reconocido que la ganadería contribuye con un alto porcentaje de los gases de

efecto invernadero (CO_2 y metano) en una proporción mucho mayor de lo que se había estimado anteriormente (FAO, 2006; Goodland y Anhang, 2009) ya que no sólo incluye lo emitido por la propia fisiología de los animales (excrementos, gases, respiración), sino también por el manejo de los potreros (tala, conversión a potreros, quema, etc.). Estos factores, junto a las fuerzas naturales, han contribuido a los cambios en el clima del planeta. La temperatura de la superficie terrestre y marina se ha incrementado, los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones han cambiado; se ha elevado el nivel del mar y ha aumentado la frecuencia e intensidad de los fenómenos asociados con El Niño (IPCC, 2007); el cambio climático representa un peligro para los ecosistemas y para la propia supervivencia del hombre en el planeta.

A nivel global, los humedales son considerados como ecosistemas cuya existencia es fundamental para la regulación del clima, debido a su potencial para almacenar carbono, el cual es resultado de la alta productividad de las plantas que ahí habitan y que capturan el dióxido de carbono atmosférico y lo convierten a carbono orgánico mediante la fotosíntesis. Cuando los residuos de las plantas llegan al suelo, éstos se descomponen lentamente debido a las condiciones anaerobias que predominan en los suelos de humedales (Adhikari *et al*., 2009; Hernández, 2010). La descomposición en los humedales es un proceso que está en función de diferentes factores como la temperatura, la humedad y la cantidad y calidad de la materia orgánica que entra al sistema (Valle-Arango, 2003; Mitra *et al*., 2005).

En los humedales de México se ha reportado que los almacenes de carbono en el suelo a un metro de profundidad varían de 200 a 800 Mg C ha^{-1}, siendo de 3 a 12 veces mayores que los almacenes de carbono en los suelos de ecosistemas terrestres. El almacén de carbono en el suelo de los manglares se encontró que oscilaba entre 200 y 250 Mg ha^{-1}, mientras que en las selvas fue entre 200 y 600 Mg ha^{-1}. En los humedales herbáceos varió de 200 a 650 Mg ha^{-1} y en los potreros inundables de 200 a 300 Mg ha^{-1} (Hernández *et al*., 2016).

Los suelos y el almacenamiento de agua

La retención del agua por el suelo se define como la capacidad que tiene el suelo para capturar, almacenar y/o liberar agua (Hillel, 2004). La retención de agua es una propiedad del suelo importante y un componente crítico del ciclo global del agua, que afecta en gran medida el funcionamiento del suelo y, por tanto su capacidad para ofrecer una gama de bienes y servicios que son de vital importancia, tanto para las actividades humanas (por ejemplo, agricultura) y para los ecosistemas (por ejemplo, proporcionando hábitat para diferentes especies).

Los suelos de selvas inundables son por lo general orgánicos y funcionan realmente como reservorios de agua. La contribución potencial del suelo al almacenamiento de agua varía, dependiendo de cada sitio y selvas, por ejemplo la de río Blanco almacena 889 L m^{-3}, El Apompal 850 L m^{-3}, Ciénaga del Fuerte 834 L m^{-3}, Boquilla de Oro 785 L m^{-3}. Esto significa que almacenan entre siete y ocho veces su peso en agua. Otras selvas almacenan menos agua, entre 556 y 659 L m^{-3} (Campos *et al*., 2016). A partir de estos resultados se destaca que las selvas inundables con suelos que almacenan más de 784 L m^{-3} tendrían una alta contribución en la mitigación de los efectos de inundaciones repentinas, que son frecuentes en la planicie costera.

Los suelos que se desarrollan en el ecosistema de popal son en su mayoría orgánicos, pero existen también sitios con suelo mineral que mantienen capas orgánicas en la superficie. Asimismo, presentan variaciones en el almacenamiento de agua del suelo, entre 646 L m^{-3} y 880 L m^{-3}, predominando los valores más altos, al igual que en las selvas inundables. Los potreros, como se analizará más adelante, también varían y almacenan ente 279 L m^{-3} y 681 L m^{-3} (Campos *et al*., 2016).

El impacto ambiental de la ganadería en los humedales

Toda actividad humana tiene un impacto en la naturaleza. Ello significa que altera procesos, situaciones, funcionamiento de ecosistemas y de la naturaleza en general. Actualmente, el impacto se acrecienta debido al incremento en la cantidad de población y al cambio de usos y costumbres y de la tecnología. En un inicio, la ganadería en Veracruz usó los terrenos inundados creando terrazas elevadas. Posteriormente, con el reparto de tierras los ganaderos buscaron tener terrenos en zonas altas secas y en zonas inundadas, de esa

manera durante las lluvias usaban los terrenos altos que tenían buen pasto y durante las secas los terrenos de las zonas bajas, entre ellos los humedales. Al incrementarse el número de habitantes comenzaron a subdividirse los terrenos sobre todo los ejidales, incrementando también la presión sobre los terrenos.

Así, la expansión de los terrenos ganaderos comenzó a darse sobre los terrenos menos aptos, como en los humedales que permanecían inundados varios meses. Al principio se dio sobre las partes menos salinas de los manglares y sobre las selvas inundables, es decir, los humedales que permanecen menos tiempo inundados (Moreno-Casasola *et al*., 2012). Con esto se redujo de manera importante la superficie de los manglares y en muchas zonas desapareció la franja que ocupaba el mangle botoncillo, al ser el que resiste menos inundación. Asimismo, las selvas inundables han desaparecido en muchas regiones, quedando solamente vestigios de las regiones que ocupaban alrededor de los manglares y en las planicies de inundación de los ríos tropicales. La prohibición de la tala de manglares detuvo la expansión de terrenos ganaderos sobre estos ecosistemas, pero la presión sobre las selvas inundables sigue. Los humedales de agua dulce se han visto menos impactados debido al mayor tiempo que permanecen inundados, por lo que frecuentemente solo se introducen unas pocas cabezas durante los periodos más secos, para evitar enfermedades como los hongos en la piel y pezuñas del ganado (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013).

La introducción de especies exóticas y la biodiversidad

Un enorme problema ambiental hoy en día es la presencia de especies exóticas en todos los tipos de ecosistemas. Una especie exótica o introducida es aquella que se encuentra fuera de su área de distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión natural. Ello significa que no evolucionó en ese ambiente junto con las otras especies ahí presentes. En cambio, las especies que se encuentran dentro de su área de distribución natural u original, acorde con su potencial de dispersión natural y sin la ayuda o intervención del ser humano, son las especies nativas. En este sentido, el ganado (vacas, caballos, cerdos, ovejas, cabras) forman un conjunto de especies exóticas que se introdujeron con la llegada de los españoles, que por su utilidad y valor económico se ha mantenido su cría, incrementándose con el tiempo.

África ha sido un centro de producción de pastos de alto valor alimenticio, que ha aportado buenos forrajes para el ganado. Ello se relaciona con las extensas praderas donde viven grandes manadas de herbívoros (gacela, jirafa, ñu, kudú, entre otros). Estas praderas se extienden sobre zonas que no se inundan, pero también forman humedales dominados por gramíneas de alto valor alimenticio para esta fauna. Varias especies de pastos africanos han sido introducidos principalmente como especies forrajeras para cría de ganado en Brasil y México: zacate Bermuda (*Cynodon dactylon)*, pasto alemán (*Echinochloa pyramidalis),* pasto jaragua *(Hyparrhenia rufa),* pasto Taiwán *(Pennisetum purpureum),* etcétera.

Una de las principales adaptaciones al forrajeo es la capacidad de que el pasto se reproduzca vegetativamente por la producción de cañas viables que se dispersan de la planta madre. Esta capacidad es común en gramíneas de origen africano y de la región mediterránea de Eurasia, pero no es frecuente en pastos originarios de América. Por tanto, las especies nativas de gramíneas en América han sido extensamente desplazadas por invasoras del Viejo Mundo en los pastizales semiáridos del oeste de Norteamérica y en los pastizales tropicales de Sudamérica (Parson, 1972; Williams y Baruch, 2000). Otra característica importante de estos pastos africanos, es que muchos de ellos toleran y algunos incluso se ven reforzados por los incendios.

Extensas zonas de humedales de las regiones tropicales de América han sido invadidas por el zacate Pará (*Brachiaria mutica*). Esta especie es de origen africano y se introdujo a México en 1872 (Parson, 1972), estableciéndose principalmente en los estados del sur (COTECOCA, 1987). Otros pastos que se han introducido a los humedales mexicanos son especies pertenecientes al género *Echinochloa* (COTECOCA, 1991, 1995), como *Echinochloa colona* (arrocillo silvestre) y *E. crus-galli* (zacate de agua); mientras que en los estados del sur-sureste (Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas) es abundante el pasto alemán *Echinocloa pyramidalis* introducido de África (COTECOCA, 1991).

De acuerdo con Melgarejo-Vivanco (1980), en las zonas inundables de Veracruz el principal pasto forrajero que se introdujo fue el zacate Pará, pero poco a poco ha sido reemplazado por el zacate alemán, apreciado por los ganaderos por ir "formando suelo" en las zonas pantanosas.

Cuando las plantas exóticas se vuelven invasoras, producen alteraciones importantes en los ecosistemas invadidos. El más evidente y frecuente es la competencia por recursos entre las plantas exóticas y las nativas, lo que afecta la diversidad biológica cuando las especies nativas son desplazadas progresivamente. Las consecuencias de las invasiones por plantas pueden ser la alteración de las redes alimenticias, de los ciclos hidrológicos y de los ciclos de nutrientes y/o el régimen de disturbios de los ecosistemas invadidos (López Rosas *et al*., 2013).

Se ha documentado el impacto de la invasión del pasto alemán en popales en la zona de La Mancha en Veracruz (López Rosas *et al*., 2018), en un periodo de 30 a 40 años.

La liberación de gases de efecto invernadero

La ganadería es una de las actividades económicas que más contribuye al calentamiento global debido a la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente metano, el cual tiene un potencial de calentamiento global 20 veces mayor al bióxido de carbono. El metano es producido en el rumen de las vacas y se emite a la atmósfera a través de los eructos y gases, los cuales contienen dicho gas (Cardoso *et al*., 2016). Algunos de estos gases son emitidos también en las excretas (Holter, 1997). Esto se da en cualquier tipo de suelo terrestre. Sin embargo, cuando un humedal es convertido a potrero se incrementa también la emisión de metano del suelo del humedal por la actividad ganadera.

Los suelos de los humedales se encuentran inundados y contienen altas cantidades de carbono orgánico, que bajo condiciones limitadas de oxígeno, debido a la inundación, se descompone lentamente y produce metano. Cuando sobre los suelos de los humedales se pastorea ganado, la emisión de metano se aumenta por varias causas:

- El pisoteo del ganado ejerce una fuerza física que hace presión sobre el suelo, favoreciendo el escape del gas que se encuentra en las capas más profundas del suelo.

- Las excretas de las vacas son ricas en microorganismos que producen metano (metanogénicos), lo cual ocasiona incremento de esta actividad metanogénica en los suelos inundados, favoreciendo la descomposición anaerobia de la materia orgánica y en consecuencia la emisión de este gas.

- Los pastos utilizados como forraje para las vacas, se establecen bajo hidroperiodos más cortos (o porque los inducen) en los humedales, con ciclos de inundación y drenado frecuente lo que provoca pulsos de emisión de metano.

- La compactación del suelo ocasiona una disminución de la oxidación de metano, impidiendo el consumo del gas dentro del suelo y, por lo tanto, favorece las emisiones del mismo.

El óxido nitroso es otro potente gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento de la tierra 300 veces mayor al bióxido de carbono, el cual se produce por la descomposición aerobia y anaerobia del nitrógeno orgánico. En los humedales naturales las emisiones de óxido nitroso son relativamente bajas comparadas con los campos agrícolas. Sin embargo, la conversión de los humedales a potreros incrementa la emisión de este gas, debido al enriquecimiento de nitrógeno en el suelo por parte de las excretas de los animales.

La compactación y la pérdida de funciones del suelo

Para la actividad ganadera, la función más importante del suelo es la producción de pastos para la alimentación del ganado. Esto significa asegurar un suelo de alta calidad con suficientes nutrientes y contenido de agua que garantice la viabilidad económica de la granja. Sin embargo, por efecto de la carga animal muchas funciones del suelo tienden a su degradación, por ejemplo, la compactación que resulta del pisoteo del ganado, disminuye la capacidad del suelo para almacenar agua (Batey y McKenzie, 2006; Batey, 2009). Los procesos de degradación de los suelos de humedal en la zona costera suelen ser consecuencia del impacto de la agricultura y ganadería, aunque la urbanización y los desarrollos industriales también se consideran causas de esta degradación (Holman *et al.,* 2003; Brevik y Fenton, 2012).

La compactación del suelo es una de las principales amenazas que ponen en riesgo la calidad del suelo, especialmente en sistemas ganaderos con alta intensidad de manejo (Ball *et al*., 2000). La compactación se presenta cuando una fuerza externa (como el pisoteo) rebasa la estabilidad mecánica del suelo (Lebert y Horn, 1991). Los factores relacionados con la vulnerabilidad a la compactación son: la densidad aparente (Alexandrou y Earl, 1998), las concentraciones de materia orgánica (Soane, 1990), la textura (Ball *et al*., 2000) y la estructura (Håkansson y Lipiec, 2000). El clima tiene un gran impacto en el estado del agua del suelo, que es un factor clave que influye en la respuesta de éste a una fuerza externa (Fullen, 1985). La compactación se define como un aumento en la densidad aparente del suelo, que conlleva a la reducción de la porosidad del mismo (Batey, 2009). La intensidad de la compactación en los terrenos ganaderos es resultado de la carga animal, la cual afecta principalmente a la geometría de los poros y a la matriz (reducción del número de poros) de la capa superficial del suelo (Vzzotto *et al*., 2000), esto resulta en una reducción de la infiltración y una mayor vulnerabilidad a la erosión (Fullen, 1985).

El proceso de compactación está asociado a una serie de efectos negativos que se traducen en disminución de la productividad (Holman *et al*., 2003), en aumento de los costos de manejo (Vzzotto *et al*., 2000), en incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero por la deficiente aireación (Brevik y Fenton, 2012) y en alto riesgo de erosión por una escorrentía superficial acelerada (Fullen,

1985). El pisoteo intenso del ganado puede formar una estructura laminar en los primeros 10 centímetros de profundidad, generando poros alargados y orientados en paralelo a la superficie del suelo (Lebert y Horn, 1991; Brevik y Fenton, 2012). Estos poros no son continuos verticalmente y promueven flujos de agua en la superficie (Fullen, 1985).

El suelo del humedal cumple una serie de funciones ecológicas y humanas, como la producción de alimentos y de biomasa, el almacenamiento de agua, la filtración de contaminantes y el hábitat biológico, entre otros (Brevik y Fenton, 2012). Su degradación afecta seriamente las actividades económicas de la zona rural y compromete su capacidad futura para sostener pastos o cultivos.

La pérdida de servicios ecosistémicos de humedales

La alteración del funcionamiento de los humedales tiene impacto sobre la cantidad y calidad de los servicios ambientales que proporciona. Cuando los humedales son convertidos a potreros, su capacidad para almacenar carbono se ve disminuida por las siguientes razones:

- Se disminuyen los aportes de carbono al suelo por el cambio de vegetación y el consumo de dicha vegetación por el pastoreo del ganado.

- Se genera disturbio físico por el pisoteo de las vacas, lo que favorece la emisión de los gases de efecto invernadero producidos en las capas profundas.

- El tiempo que permanecen inundados los potreros respecto a los humedales naturales es más corto, lo que implica que el carbono almacenado bajo condiciones limitadas de oxígeno se exponga a la atmósfera y sea susceptible de ser oxidado rápidamente a bióxido de carbono que regresa al aire.

Hernández *et al*. (2015) compararon el secuestro de carbono, la emisión de metano y bióxido de carbono en los suelos de las selvas inundables y en suelos que han sido convertidos a potreros inundables en la costa de Veracruz. Encontraron que la concentración de carbono en los suelos de los potreros inundables fue más baja que en las selvas, implicando una pérdida del carbono acumulado en el suelo de los humedales. Estos resultados fueron congruentes con las mayores emisiones de metano y bióxido de carbono encontrados en los potreros, debido a una pérdida acelerada del carbono almacenado en el suelo. Hallaron que en la época de lluvias, las selvas inundables emitieron 0.869 g $m^{-2}d^{-1}$ de metano, mientras que los potreros emitieron 4.34 g $m^{-2}d^{-1}$ y en la época de secas, las emisiones de bióxido de carbono en las selvas fueron de 14 g $m^{-2}d^{-1}$ y en los potreros inundables 26 g $m^{-2}d^{-1}$. Dichos resultados evidenciaron el efecto negativo del cambio de uso al convertir las selvas inundables a potreros, al verse disminuido el secuestro de carbono en el suelo.

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo a escala regional

En algunas regiones de Veracruz hay gran variabilidad en el contenido de agua del suelo de los potreros, mientas que en otras zonas hay menos variaciones (Figura 9). En la región de Alto Lucero-Tecolutla se obtuvieron las más altas variaciones espaciales, mientras que en la región de Jamapa-Puerto de Veracruz se observan las más bajas variaciones espaciales. Los valores promedio del almacenamiento de agua del suelo, en la región de Alto-Lucero a Tecolutla, fueron entre 280 y 682 L m^{-3}. La alta variabilidad podría deberse a muchos factores, como ejemplo, a la heterogeneidad en la topografía, a la historia e intensidad de manejo del potrero, a la cobertura vegetal y a las propiedades del suelo. Algunas investigaciones (p. e., Campos *et al*., 2016) han mostrado que la expansión continua de los potreros causa más daños que beneficios a las propiedades del suelo, porque el pisoteo del ganado ha alcanzado una condición que se refleja en un aumento en la densidad aparente del suelo y en una disminución de la capacidad del suelo para almacenar agua. Los potreros de Boquilla destacan por los valores más bajos en almacenamiento de agua del suelo, lo que puede atribuirse a efectos integrados de historia e intensidad de manejo ganadero, así que por efecto del pisoteo del ganado, la densidad aparente se incrementa y se disminuye la porosidad del suelo. Además, estos potreros se derivan de selvas inundables de higueras y humedales herbáceos con varias especies, que sólo permanecen pocos meses inundados. En tanto que en los potreros de Ciénega del Fuerte, Estero Dulce y principalmente en el potrero de La Victoria, los valores

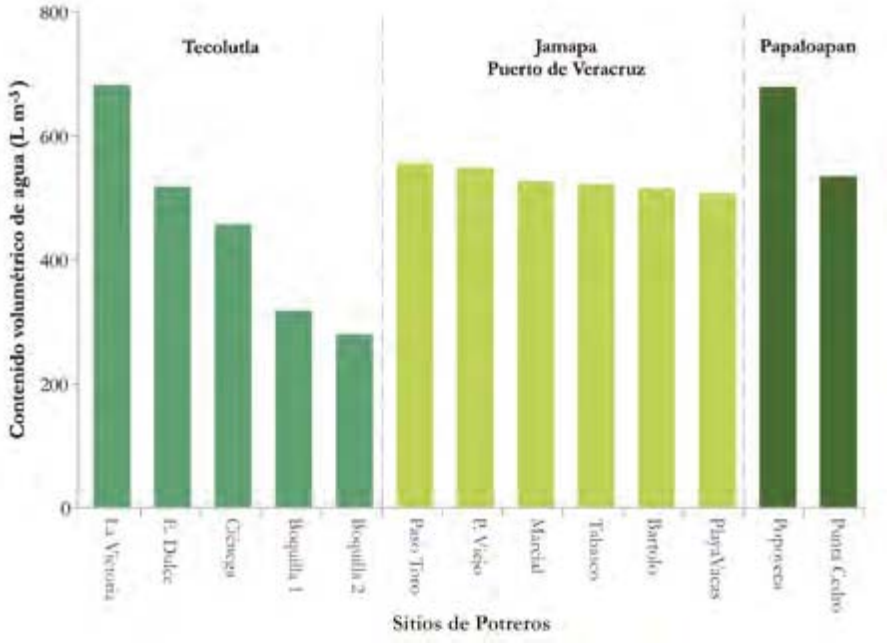

Figura 9. Variación en la capacidad de almacenamiento de agua del suelo (L m-3) en sitios de potrero de la zona costera del estado de Veracruz.

de almacenamiento de agua del suelo son los más altos, que podrían deberse a que el suelo de estos sitios todavía conserva propiedades del humedal nativo, por ejemplo en contenidos importantes de materia orgánica. Estos se derivan de selvas inundables de apompo o zapote reventador y de anona, que se mantienen inundados por mayor número de meses que las selvas de higueras. En especial estos sitios representan un amortiguador contra las bajas y altas precipitaciones durante el periodo seco y de lluvias, respectivamente y es un indicador importante de la sostenibilidad de los recursos hídricos regionales, sobre todo en áreas con exceso de agua.

En la región del Papaloapan (Figura 9), los valores promedio de 678.5 y 535.0 L m-3, indican una variación importante de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Los valores registrados por el sitio Popoyeca indican que el suelo de este sitio todavía conserva propiedades del humedal nativo, como baja densidad aparente en comparación con el sitio Punta del Cedro (Figura 9). La información sobre la distribución espacial de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo a escala regional es, por lo tanto, necesaria para poner en contexto el estado del agua del suelo bajo diferentes condiciones de manejo y factores climáticos.

En la región de Jamapa-Puerto de Veracruz (Figura 9), los valores del almacenamiento de agua del suelo variaron entre 508 y 516 L m-3. En esta región, el almacenamiento de agua del suelo en potreros es menos compleja que en la región de Tecolutla, probablemente debido a la homogeneidad tanto en el sistema e intensidad de manejo del potrero, como a las propiedades del suelo y a su topografía. Las capas compactadas del suelo obstaculizan e interrumpen el ciclo del agua en el sistema suelo-atmósfera, lo que a su vez tiene un impacto negativo en los patrones de los flujos verticales del agua en el suelo. Es por ello que, a escala local, es de gran utilidad la identificación de aquellos factores relacionados con la degradación de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, con el fin de determinar la capacidad de carga adecuada del sitio que permita la sostenibilidad de la producción ganadera, sin mermar las funciones del suelo. La selección de tipos adecuados de manejo del potrero, basados en la capacidad de almacenamiento de agua del suelo a escala local y regional sería un buen modelo para la rentabilidad a largo plazo y manejo sostenible del potrero ganadero. Estas evaluaciones deben tomar en cuenta los patrones espaciales de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y los factores que la afectan.

Estos resultados apoyan el supuesto de que existe una fuerte influencia de las condiciones históricas e intensidad de manejo del potrero y de las condiciones ambientales del humedal de origen, sobre la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Estos datos han explorado el patrón espacial de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo en potreros de tres regiones a lo largo de la zona costera de Veracruz. Los resultados podrían ser de gran utilidad para predecir los cambios en los recursos hídricos regionales por el cambio de uso y para optimizar el manejo del potrero ganadero. Sin embargo, es indispensable señalar que la conversión de humedales a potreros tiene un alto riesgo de causar la degradación de las propiedades del suelo por el pisoteo del ganado, ya que dependiendo de las propiedades y de la intensidad de manejo, se puede disminuir el almacenamiento de agua y conducir a la formación de capas de suelo más compactas.

Los ejemplos de alteraciones en la biodiversidad, en la capacidad de almacenamiento de agua y de carbono en el suelo, significan que la conversión de humedales en potreros va produciendo un deterioro de su funcionamiento como humedal, hay una pérdida de los servicios ambientales que prestan, el almacén de carbono descrito está asociado a un suelo poroso, orgánico, que también almacena agua, pero al compactarse y al secarse se eliminan especies, se pierde la materia orgánica y el carbono almacenado, así como la capacidad de almacenar agua, de filtrarla al manto freático, de contener la intrusión de la cuña salina y finalmente de reducir los picos de inundaciones. Un proceso que llevó cientos de años se destruye en decenas de años, además, se contamina con gases de efecto invernadero: bióxido de carbono, metano y óxido nitroso.

La figura 10 resume los principales cambios que la conversión a potreros trae consigo, en la diversidad de especies, en el suelo y en el comportamiento de los ecosistemas, en este caso los humedales, los cuales han sido descritos a los largo de este capítulo. Se vinculan con los principales servicios ecosistémicos que brindan los humedales y se indica mediante una flecha si esos servicios se mantienen, aumentan o van decayendo, lenta o rápidamente, en función de la intensidad de uso del potrero, es decir, de la cantidad de cabezas y del grado de transformación inducido (introducción de especies, drenaje, fuego, etc.).

La tala de la selva inundable y su sustitución por pastos es el mayor grado de transformación, junto con el drenaje y desecamiento de popales y en el caso contrario es la introducción de una cabeza de ganado por hectárea en los meses de menor inundación del humedal. También se muestran los datos del servicio ecosistémico de almacén de agua dulce en el suelo y de depósitos de carbono para selvas inundables y popales, por un lado y para potreros por el otro, así como las emisiones de gases de efecto invernadero (bióxido de carbono y metano) que se producen en las selvas y potreros inundables. Ello permite apreciar, para tres ejemplos, la pérdida de servicios ecosistémicos que conlleva la potrerización de humedales.

El futuro de la ganadería en humedales

Hoy en día, la mayoría de los humedales de la planicie costera están potrerizados en mayor o menor grado. La carga reportada por los ganaderos es de una

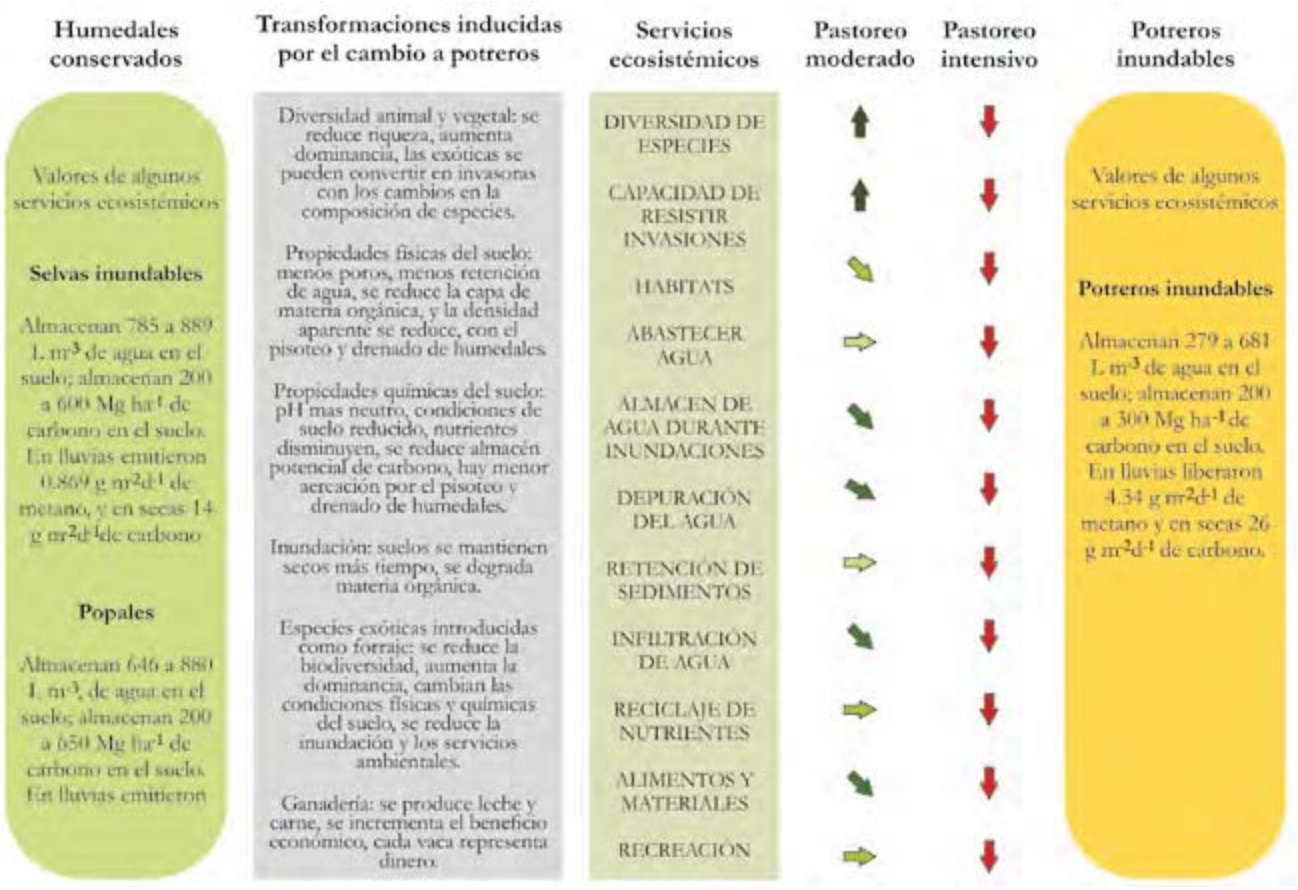

Figura 10. La figura muestra las transformaciones inducidas en la composición de especies, en las propiedades físicas y químicas del suelo, las repercusiones que traen los cambios en la inundación (modificación de los niveles y temporalidad de la inundación) y cómo se afectan los principales servicios ecosistémicos que proporcionan los humedales. Se muestran las tendencias de aumento, mantenimiento, disminución lenta y rápida de estos servicios bajo un pastoreo moderado y un pastoreo intensivo que conlleva introducción de especies y/o modificación de la inundación. Finalmente, se ejemplifican con los valores de algunos servicios ambientales que proporcionan las selvas inundables, los popales y los potreros inundables y cómo estos valores se han modificado.

o dos cabezas por hectárea y mientras más inundado menor carga (Rodríguez-Medina y Moreno-Casasola, 2013). Un humedal drenado y con pastos forrajeros introducidos tolerantes a la inundación soporta mayor carga ganadera pero pierde rápidamente sus servicios ecosistémicos; al no tener el aporte de materia orgánica que representa el propio humedal, los suelos van perdiendo fertilidad.

Un humedal que mantiene el hidroperiodo, es decir, los niveles originales de inundación, cuando se excluye el ganado puede recuperar la vegetación original rápidamente y mantiene su biodiversidad (Rodríguez-Medina *et al*., 2017). Un humedal que estuvo dominado por un pasto forrajero africano (pasto alemán), al eliminarlo y recuperar su nivel de inundación puede recobrar la vegetación dominante (no la riqueza) en muy pocos años (Moreno-Casasola *et al*., 2016),

no así los servicios ambientales perdidos. Este es un proceso mucho más lento.

Es complicado valorar económicamente lo que significa la ganadería en estas condiciones. Travieso-Bello *et al*. (2011) hicieron un primer análisis sobre la rentabilidad de la ganadería en la costa de Actopan. Vázquez-González *et al*. (2017) estimaron el costo de oportunidad entre la conservación de los humedales costeros por la acumulación y almacenamiento de carbono, así como por el uso directo para actividades como el cultivo de la caña de azúcar y la ganadería. Los resultados muestran que el costo de oportunidad, es decir, lo que se renuncia para obtener un beneficio (Mankiw, 2001), entre conservar los humedales costeros y destinarlos a la ganadería, es negativo, esto significa que al comparar el beneficio económico que genera la ganadería en el trópico, por su valor comercial, es menor que los beneficios económicos que se podrían obtener al comercializar los certificados de reducción de emisiones por almacenamiento de carbono, derivados de la conservación de los humedales costeros.

En los municipios que conforman el Sistema Lagunar de Alvarado, en la planicie costera central del estado de Veracruz, la ganadería tuvo un beneficio económico entre 74.16 y 792.28 dólares/ha/año (Vázquez-González, 2012), en comparación con el beneficio económico de la conservación de los humedales costeros por bonos de carbono que mostró los siguientes resultados: manglares; 973 dólares/ha/año, popales; 1,330 dólares/ha/año, tulares 877 dólares/ha/año y las selvas inundables 1,399 dólares/ha/año (Vázquez-González *et al*. 2017). Sin embargo, esto es sólo relativo a la situación económica de la ganadería contra la conservación. En el caso de la ganadería y la conservación de los humedales, por sus servicios ambientales de hábitat para especies de valor comercial en la pesca, Vázquez-González *et al*. (2015) estimaron que por cada hectárea de humedal costero que se pierde existe una reducción en la capacidad de producción de la pesca en el Sistema Lagunar de Alvarado y, por lo tanto, una reducción en el valor comercial de la pesca. Los resultados mostraron lo siguiente: manglares 18,849 US dólares/ha/año, popales 5,394 US dólares/ha/ año, selvas inundables 5,066 US dólares/ha/año y los tulares 2,401 US dólares/ha/año. Esto traducido al lenguaje de la valoración económica significa el valor monetario de los humedales costeros sólo por el servicio ambiental del hábitat.

Además, hay que considerar que los subsidios a la ganadería se han reducido en términos reales, es decir, descontando la inflación al ingreso corriente que representa a los ganaderos por cada hectárea destinada a la ganadería. Tal y como lo demostró Vázquez-González (2012), en el Sistema Lagunar de Alvarado, el ingreso por subsidio en la ganadería decreció 30% entre 2006 y 2010 y ha mantenido dicha tendencia en términos reales, lo que refleja un deterioro considerable del ingreso de los ganaderos debido a que la política sectorial se ha encaminado hacia el subsidio y subvenciones del cultivo de la caña de azúcar. El subsidio de PROGAN por cada hectárea apenas alcanzó los $74 US dólares, comparado con el subsidio al cultivo de la caña de azúcar de $900 US dólares/ha/2010 (Vázquez-González, 2012).

En los dos ejemplos anteriores se muestra claramente el costo de oportunidad presente a un horizonte de tiempo de 30 años, entre la conservación de los humedales y su uso directo para actividades como la ganadería. Esto implica impactar actividades económicas importantes que son el medio de vida y sustento de gran parte de la población, tal y como sucede con la pesca ribereña. Ya que al cambiar el uso del suelo para el cultivo de caña de azúcar y para la cría de ganado se pierden las propiedades de la vegetación y del suelo de estos ecosistemas, lo que impacta directamente sobre las pesquerías. Por lo tanto, en un escenario futuro e incorporando análisis de cambio climático y de levantamiento del nivel del mar, resulta indispensable conservar dichos ecosistemas ya que representaron un medio de vida y sustento seguro para las poblaciones costeras, así como del mantenimiento de las actividades indirectas que dependen de éstas, como el turismo, la cocina tradicional, los restaurantes y mercados que comercian los productos pesqueros.

Las alternativas

Actualmente, la ganadería en humedales se lleva a cabo sustituyendo el ecosistema de selva inundable o de popal por un potrero inundable (talando, drenando, a veces con fuego, introduciendo pastos exó-

ticos) o bien introduciendo el ganado directamente en el popal o tular. En el primer caso hay una destrucción del humedal original, pérdida de servicios ecosistémicos y un bajo rendimiento del ganado ya que no son las condiciones ideales del potrero y rápidamente pierde su fertilidad (capa orgánica). Sobreviene una degradación del suelo (compactación, aumento de densidad aparente, liberación de metano, pérdida de estructura, de almacenes de carbono, de capacidad para seguir incorporando y almacenando carbono y agua), además de la pérdida de especies nativas. En el caso donde solamente se introduce el ganado, es una ganadería pasiva ya que el ganado se alimenta durante un tiempo de las plantas existentes, mientras el nivel de la inundación lo permite. Por tal motivo, la carga ganadera es entre una y dos cabezas por hectárea y de esta forma la transformación del humedal es más lenta, ya que hay introducción de especies (semillas) en las pezuñas, compactación del suelo, liberación de metano.

Obviamente, esa ganadería contribuye al sustento del pequeño ganadero. Con base en información de la Asociación Ganadera de Alvarado, no se pudo ubicar algún terreno que no tuviera ganado, es decir, es una actividad económica ampliamente extendida e importante para las familias debido a la precaria situación que existe en la mayor parte de la zona rural mexicana; sin embargo, la ganadería en esta zona es de subsistencia y no representa una actividad comercial que proporcione algún ingreso. Esto ha llevado a la desaparición casi completa de las selvas inundables y a una transformación lenta de los humedales herbáceos (p. e., quedaban 270 ha en el Sistema Lagunar de Alvarado en el 2007). A pesar de que los datos presentados son únicamente para Veracruz, las mismas tendencias se han visto en el resto de los estados del trópico húmedo mexicano.

Costanza *et al*. (2014) calcularon el valor económico de los servicios ambientales de distintos ecosistemas. Los ecosistemas terrestres como los bosques, selvas, matorrales y pastizales, prestan servicios por $3,137 US dólares/ha/2007, $5,382 US dólares/ha/2007, $4,166 US dólares/ha/2007, respectivamente. En el caso de los humedales, estimaron valores monetarios por $28,916 US dólares/ha/2007; estuarios y pastos marinos, $193,843 US dólares/ha/2007; manglares y $25,681 US dólares/ha/2007; planicies inundables. Esto significa un valor entre 10 y 20 veces mayor, el cual se ha ido incrementando por la cantidad de gente que vive actualmente en o cerca de la costa y por los recursos directos e indirectos que provee *in situ* y *ex situ*.

En México, la zona costera ha estado olvidada y poco atendida, a pesar de que actualmente la mitad de los mexicanos vive en los estados costeros, se genera energía eléctrica, se extraen hidrocarburos y hay una enorme actividad comercial en los puertos y los centros turísticos se están incrementando. Este escenario lleva a considerar que los servicios ambientales de los humedales y en general los proporcionados por los ecosistemas costeros tendrán cada vez más importancia y más valor.

En el caso de los humedales habrá que tomar decisiones que consideren el costo de oportunidad entre ser degradados por una actividad económica poco redituable –como en el caso de la ganadería– o ser conservados y buscar alternativas que sustituya esta actividad económica, tales como la producción de proteína a partir de fauna nativa (tortugas, peces, macrocrustáceos), ecoturismo para observación de fauna silvestre, entre otras. Desde la perspectiva económica, Vázquez-González (2012) propuso un escenario de eficiencia económica y sustentabilidad a partir de: *a)* reducir la presión de la ganadería a través del aumento de la eficiencia media por hectárea en el aprovechamiento y uso del suelo y *b)* la recuperación y restauración de los humedales para mantener y aumentar los servicios ecosistémicos. Estos ejes con base en la mediación entre el mercado y el ganadero para asegurar que el valor medio de la producción por hectárea evite el aumento de la superficie ganadera. Además, la eficiencia debe ir acompañada de la productividad bajo un aumento del coeficiente de agostadero y la reducción de la superficie destinada, a partir de la determinación de zonas de intensificación, mismas que deberán estar fuera de las zonas prioritarias de conservación de los humedales y el establecimiento del pago por los servicios ambientales como la compensación por la restauración de los humedales costeros.

Esto implica dos consideraciones, la parte del ingreso que representa para las familias tener algunas cabezas de ganado y la cultura de ser ganadero. Por lo tanto, se debe trabajar en ambos sentidos. Por un lado, desarrollar incentivos para el pago por servicios ambientales,

no solamente por los manglares, sino también por las selvas inundables, los popales y los tulares. Este pago por servicios debe ligarse al papel que juegan no sólo por conservar la biodiversidad, sino también por proteger la zona costera, sus habitantes y propiedades (de inundaciones, marejadas, vientos), por depurar y filtrar agua al manto freático, almacenar carbono, mantener la fertilidad del suelo, aportar nutrientes a las pesquerías, entre otros. Es decir, mantener en equilibro y constante retroalimentación las funciones que sostienen las actividades económicas de gran valor (ciudades, puertos, desarrollos turísticos, pesquerías, etc.). Por lo tanto, hay muchos beneficiarios al conservar los humedales, con los cuales se pueden establecer convenios para conformar una bolsa para el pago por los servicios ambientales. Por otro lado, existe un mercado de bonos de carbono que debe ser instrumentado por el gobierno mexicano para poder darle un mayor valor a estos ecosistemas y así cumplir con los compromisos internacionales adquiridos en los temas de cambio climático.

Por otro lado, es importante mantener la ganadería (por sus productos) y por la cultura que representan en la zona rural; sin embargo, se debe transitar de una ganadería extensiva que degrada el suelo y los ecosistemas hacia una ganadería integral, con actividades silvopastoriles, reducción de emisiones de metano, etcétera.

En los bordes de los humedales, en zonas más secas, que se inundan solamente en ocasiones de huracanes o años muy lluviosos, se pueden llevar a cabo formas o aproximaciones a sistemas de ganadería sustentable. En el presente libro hay capítulos enfocados a las características de este tipo de ganadería y hay manuales de buenas prácticas (Guevara *et al*., 2016; Ortiz-López *et al*., 2017) por lo que no ahondaremos más en ello.

Referencias

Aburto-Oropeza, O., E. Ezcurra, G. Danemann, V. Valdez, J. Murray y E. Sala. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings National Academy of Sciences, USA,* 105:10456-10459.

Adhikari, S., R. Bajracharaya y B. Sitaula. 2009. A review of carbon dynamics and sequestration in wetlands. *Journal of Wetlands Ecology*, 2:42-46.

Alexandrou, A. y R. Earl. 1998. The relationship among the pre-compaction stress, volumetric water content and initial dry bulk density of soil. *Journal of Agricultural Engineering Research,* 71:75-80.

Ball, B.C., D.J. Campbell y E.A. Hunter. 2000. Soil compactibility in relation to physical and organic properties at 156 sites in UK. *Soil and Tillage Research*, 57:83-91.

Barrera Bassols, N. 1996. Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias*, 44:14-27.

Batey, T. 2009. Soil compaction and soil management: a review. *Soil Use and Management*, 25:335-345.

Batey T. y D.C. McKenzie. 2006. Soil compaction: identification directly in the field. *Soil Use and Management* 22(2):123-131.

Blom, C.W.P.M. y L.A.C.J. Voesenek. 1996. Flooding: the survival strategies of plants. *Trends in Ecology and Evolution*, 11:290-295.

Brevik, E.C. y T.E. Fenton. 2012. Long-term effects of compaction on soil properties along the Mormon Trail, South-Center Iowa, USA. *Soil Horizons*, 53:37-42.

Campos, A., M.E. Hernández, P. Moreno-Casasola, E. Cejudo Espinosa, A. Robledo R. y D. Infante Mata. 2011. Soil water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico. *Hydrological Sciences Journal*, 56(8):1388-1406.

Campos, C.A. y P. Moreno-Casasola. 2009. Suelos hidromórficos. Pp.111-130. En: Moreno-Casasola, P. y B. Warner (Eds.). *Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sustentable* no 1. Ramsar, Instituto de Ecología, A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa.

Campos, A., P. Moreno-Casasola, J. Pale-Pale y A. Juárez. 2016. Servicios hidrológicos de los suelos de humedal: la capacidad de almacenamiento de agua. Pp. 130-142. En: P. Moreno-Casasola (Ed.). *Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques costeros de Veracruz*. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, Xalapa.

Cardoso, A.S., A. Berndt, A. Leytemc, B.J.R. Alves, I. das N.O. de Carvalho, L. Henrique de Barros, S. Urquiaga y R.M. Boddey. 2016. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, 143(16):86-96.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253-260.

Costanza, R., R. de Groot, P. Sutton, S. van der Ploeg, S. J. Anerson, I. Kubiszewski, S. Farber y R. K. Turner. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26:152-158.

COTECOCA. 1987. *Las gramíneas de México*. T. II. SARH. México, D.F.

_____. 1991. *Las gramíneas de México*. T. III. SARH. México, D.F.

_____. 1995. *Las gramíneas de México*. T. IV. SARH. México, D.F.

Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet y E.T. LaRoe. 1979. *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States.* Biological Services Program. FWS/OBS-79/31. U.S. Fish and Wildlife Service. Washington, D.C.

Del Ángel P., A.L. 1993. La ganadería bovina entre ejidatarios: ¿sistema de producción o mecanismo de sobrevivencia? Pp. 289-297. En: N. Barrera y H. Rodríguez (Eds.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*, Fundación Friedrich Ebert. México, D.F.

Drew, W.M., K.C. Ewel, R.L. Naylor y A. Sigrah. 2005. A tropical freshwater wetland: III. Direct use values and other goods and services. *Wetland Ecology and Management*, 13:685-693.

Espejel, I., S. Díaz de León, P. Moreno-Casasola, C. Vázquez-González y M.E. Hernández. 2016. Los servicios ecosistémicos de los bosques costeros. Pp. 37-57. En: P. Moreno-Casasola (Ed.). *Servicios ecosistémicos de selvas y bosques costeros de Veracruz*. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, Xalapa, Veracruz.

Ewel, K.C., R.R. Twilley y J. Eong Ong. 1998. Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. *Global Ecology and Biogeography*, 7:83-94.

FAO. 2006. *Livestock's longshadow.* Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization, ONU. En: http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM.

Fernández-Ortiz, L.M., M. Tarrío-García y D. Villafuerte-Solís. 1993. La expansión de la ganadería en Veracruz: sus impactos en la economía y en la producción de alimentos. Pp. 15-34. En: Barrera, N. y H. Rodríguez (Eds.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz. Impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz.* Friedrich Ebert Stiftung, Xalapa.

Fullen, M.A. 1985. Compaction, hydrological processes and soil-erosion on loamy sands in East Shropshire, England. *Soil and Tillage Research*, 6:17-29.

Goodland, R. y J. Anhang. 2009. Livestock and climate change. What if the key actors in climate change are cows, pigs, and chickens? En: http://www.worldwatch.org/files/pdf/Livestock%20and%20Climate%20Change.pdf) www.worldwatch.org.

Guevara, S.S. y A. Lira-Noriega. 2004. De los pastos de la selva a la selva de los pastos: la introducción de la ganadería en México. *Pastos* XXXIV 2:109-150.

Guevara, S.S. y P. Moreno-Casasola. 2008. El dilema de los recursos naturales: la ganadería en el trópico de México. *Guaraguao*, 12(29):9-23.

Guevara, S.S., P. Moreno Casasola, B. Escamilla y A. Lazos. 2016. *Manual de buenas prácticas rurales.* Costa Sustentable núm 9. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC.

Håkansson, I. y J. Lipiec. 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil and Tillage Research*, 53:71-85.

Hernández, M.E. 2010. El papel de los suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2):139-147.

Hernández, M.E., A. Campos Cascaredo, J.L. Marín Muñiz, y P. Moreno-Casasola. 2016. Almacenes de carbono en selvas inundables, manglares, humedales herbáceos y potreros inundables. Pp. 121-129. En: P. Moreno-Casasola (Ed.). *Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques costeros de Veracruz*. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC.

Hernández, M.E., J.L. Marín-Muñiz, P. Moreno-Casasola y V. Vázquez. 2015. Comparing soil carbon pools and carbon gas fluxes in coastal forested wetlands and flooded grasslands in Veracruz, Mexico. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management,* II (1):5-16.

Hillel, D. 2004. *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.

Holman, L.P., J.M. Hollis, M.E. Bramley y T.R.E. Thompson. 2003. The contribution of soil structure degradation to catchment flooding: a preliminary investigation of the 2000 floods in England and Wales. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7:754-765.

Holter, P. 1997. Methane emissions from Danish cattle dung pats in the field. *Soil Biological Biochemistry*, 29:31-37.

Huang, Y.H., J.E. Saiers, J.W. Harvey, G.B. Noe y S. Mylon. 2008. Advection, dispersion, and filtration of fine particles within emergent vegetation of the Florida Everglades. *Water Resources Research*, 44:1-13.

INEGI. 2004. *Anuario estadístico por entidad federativa de los Estados Unidos Mexicanos, 1995-2003*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

_____ . 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. Datos del 30 de septiembre de 2014.

INEGI/INAH (**Instituto Nacional de Antropología e Historia**). 1990. *Estadísticas históricas de México*, Tomos I y II. México.

Infante Mata, D., P. Moreno-Casasola, C. Madero-Vega, G. Castillo-Campos y B.G. Warner. 2011. Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management,* 262:1514-1531.

IPCC (**Intergovernmental Panel on Climate Change**). 2007. *Fourth assessment report: synthesis report*. Ginebra.

Knox, A.K., R.A. Dahlgren, K.W. Tate y E.R. Atwill. 2008. Efficacy of natural wetlands to retain nutrient, sediment and microbial pollutants. *Journal of Environmental Quality*, 37:1837-1846.

Lebert, M. y R. Horn. 1991. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. *Soil and Tillage Research*, 19:275-286.

López Rosas, H., E. Cejudo, P. Moreno-Casasola, L.A. Peralta Peláez, M.E. Hernández, A. Campos Cascaredo y G. Aguirre León. 2018. Environmental impact of invasion by an African grass (*Echinochloa pyramidalis*) on tropical wetlands: using functional differences as a control strategy. En: C. Makowski y C. W. Finkl (Eds.). *Impacts of invasive species on coastal environments*. Coastal Research Library, Springer, Cham. 29:317-372.

López Rosas, H., V.E. Espejel González y P. Moreno-Casasola. 2013. Zacate alemán: planta invasora de humedales costeros del sureste mexicano. Volumen especial: Especies acuáticas exóticas invasoras en México. *Investigación Ambiental*, 4(2):5-15.

Mankiw, N.G. 2001. *Macroeconomics*. McGraw-Hill, Nueva York.

Marín-Muñiz, J.L., M.E. Hernández y P. Moreno-Casasola. 2014. Comparing soil carbon sequestration in coastal freshwater wetlands with various geomorphic features and plant communities in Veracruz, Mexico. *Plant Soil*, 378:189-203.

Melgarejo-Vivanco, J.L. 1980. *Historia de la ganadería en Veracruz*. Ediciones del Gobierno de Veracruz. Xalapa.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis.* World Resources Institute, Washington, D.C.

Ming, J., L. Xianguo, X. Linshu, C. Lijuan y T. Shouzheng. 2007. Flood mitigation benefit of wetland soil: a case study in Momoge National Nature Reserve in China. *Ecological Economics*, 61:217-223.

Mitra S., R. Wassmann y P. Vlek. 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current Science*, 88(1):25-35.

Mitsch, W.J y J.G. Gosselink. 2000. *Wetlands.* J. Wiley and Sons. Nueva York.

Moreno, E., A. Guerrero, M. Gutiérrez, C. Ortiz y D. Palma. 2002. Los manglares de Tabasco: una reserva natural de carbono. *Madera y Bosques* 8:115-128.

Moreno-Casasola, P., E. Cejudo-Espinosa, A. Capistrán-Barradas, D. Infante-Mata, H. López-Rosas, G. Castillo-Campos, J. Pale-Pale y A. Campos-Cascaredo. 2010. Floristic composition, diversity and ecology of freshwater marshes in the central coastal plain of Veracruz, Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87:29-50.

Moreno-Casasola, P. y D. Infante. 2010. *Veracruz. Tierra de ciénagas y pantanos*. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana, Universidad Veracruzana.

Moreno Casasola, P., H. López Rosas y K. Rodríguez Medina. 2012. From tropical wetlands to pastures on the coast of the Gulf of Mexico. *Revista Pastos*, 42(2):183-215.

Moreno-Casasola, P., H. López Rosas, J. Vázquez Benavides, F. López-Barrera, V. Espejel González y L. Sánchez Higueredo. 2016. Restauración de un popal: estado de la vegetación y condiciones ambientales después de siete años del manejo de una gramínea invasora. Pp. 433-455. En: E. Ceccon y C. Martínez Garza (Coords.). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM-CONABIO. México D.F.

Ortiz López S., M. Morales Morales, L.A. Peralta Peláez, M. Ramírez, S. Guevara Sada y P. Moreno-Casasola. 2017. *Manual de árboles que gustan al ganado y benefician al potrero.* INECOL-CECADESU.

Olguín-Palacios, C. 1993. La productividad biológica de las zonas bajas tropicales como base de nuevos sistemas de producción ganadera intensiva. Pp. 299-310. En: N. Barrera y H. Rodríguez (Eds.). *Desarrollo y medio Ambiente en Veracruz*. Fundación Friedrich Ebert. México, D.F.

Paradowska, K. 2006. El poblamiento y el territorio. Pp. 35-64. En: P. Moreno-Casasola (Ed.). *Entornos vera-*

cruzanos: la costa de La Mancha. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa.

Parson, J.J. 1972. Spread of African pasture grasses to the American tropics. *Journal of Range Management,* 25:12-17.

Rodríguez-Medina, K. y P. Moreno-Casasola. 2013. Effect of livestock on soil structure and chemistry in the coastal marshes of the central Gulf Coast of Mexico. *Soil Research* 51(4):341-349.

Rodríguez-Medina, K., P. Moreno-Casasola y C. Yáñez-Arenas. 2017. Efecto de la ganadería y la variación estacional sobre la composición florística y la biomasa vegetal en los humedales de la costa central del Golfo de México. *Acta Botanica*, 119:79-99.

Selvam, V., T. Ravishankar, V.M. Karunagaran, R. Ramasubramanian, P. Eganathan y A.K. Parida. 2005. *Toolkit for Establishing Coastal Bioshield*. M.S. Swaminathan Research Foundation. Chennai, India.

Skerrit, D. 1993. *Rancheros sobre tierra fértil*. Universidad Veracruzana, Xalapa.

Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil and Tillage Research,* 16:179-201.

Thuy, N.B., N. Tanaka, K. Tanimoto. 2012. Tsunami mitigation by coastal vegetation considering the effect of tree breaking. *Journal of Coastal Conservation,* 16:111-121.

Toledo, V.M. 1990, El proceso de ganaderización y la destrucción biológica y ecológica de México. Pp. 191-228. En: E. Leff (Coord.). *Medio ambiente y desarrollo en México*. Volumen I. CIIH, UNAM, Editorial M.A. Porrúa. México, D.F.

Travieso-Bello, A.C. y P. Moreno-Casasola. 2011. Sustentabilidad de la ganadería bovina: el caso de la costa de Actopan, Veracruz, México. Pp. 291-316. En: Sánchez Gómez, M.J., Contreras Hernández A. y Kauffer, E.F.M. (Coords.). *La encrucijada en México rural. Contrastes regionales en un mundo desigual. Recursos naturales, instituciones locales y políticas ambientales: las encrucijadas de la conservación en México.* Tomo VI. Asociación Mexicana de Estudios Rurales. México, D.F.

Valle-Arango, J. 2003. Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico colombiano. *Interciencia*, 28:148-153.

Vázquez-González, C. 2012. *Diagnóstico y perspectivas para el manejo de los humedales costeros en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México*. Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada-Baja California.

Vázquez-González, C., P. Moreno-Casasola, A. Juárez, N. Rivera-Guzmán, R. Monroy e I. Espejel. 2015. Trade-offs in fishery yield between wetland conservation and land conversion on the Gulf of Mexico. *Ocean y Coastal Management,* 114:194-203.

Vázquez-González, C., P. Moreno-Casasola, M.E. Hernández, A. Campos, I. Espejel y J.L. Fermán-Almada. 2017. Mangrove and freshwater wetland conservation through Carbon offsets: a cost-benefit analysis for establishing environmental policies. *Environmental Management,* 59:1-17.

Vörösmarty, C.J., C. Lévêque y C. Revenga. 2005. Fresh water. Pp. 167-207. En: Hassan R., R. Scholes y N. Ash (Eds.). *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Vol. I. Chapter 7. Island Press, Washington, D.C.

Vzzotto, V.R., E. Marchezan y T. Segabinazzi. 2000. Effects of cattle trampling on lowland soil physical properties. *Ciencia Rural,* 30:965-969.

Williams, D.G. y Z. Baruch. 2000. African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological Invasions* 2:123-140.

Zheng, T., N.B. Sutton, P. de Jager, R. Grosshans, S. Munira y A. Farenhorst. 2017. Glyphosate (Ab)sorption by shoots and rhizomes of native versus hybrid cattail (*Typha*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 99:595-600.

Ganadería sustentable en el trópico mexicano

04

Experiencias exitosas:
UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y DE CONSERVACIÓN

Luis Caraza Stoumen

Hay pocas cosas en la vida que sean tan fáciles de identificar como ganar-ganar, el caso de la ganadería sustentable; sin embargo, muchos compañeros productores, autoridades y ecologistas no se han dado cuenta porque no lo han intentado o no lo han visto. En este sentido, ganar-ganar es invertir en el ecosistema y obtener resultados en la naturaleza y en los ingresos económicos de un rancho. Rentabilidad, como definición, es la relación existente entre los beneficios que proporciona una determinada operación o acción y la inversión o el esfuerzo que se ha hecho.

En esta contribución pretendo que mis compañeros y yo, quienes hemos cambiado la forma en la que manejamos nuestros ranchos, convenzamos al lector de que el esfuerzo que se requiere para hacer este tipo de ganadería repercute, en el corto y largo plazo, en mayores beneficios económicos y beneficios de conservación en el mayor patrimonio del ganadero, que es su rancho, el suelo, la vegetación, el ganado y su gente.

La inversión necesaria para transformar un rancho de manejo convencional a un rancho manejado racionalmente, debe repercutir en mayor producción animal por hectárea, entonces dejaremos de ver a una cabeza de ganado como unidad de negocio, con sus respectivos indicadores tradicionales, como litros por cabeza o kilogramos de ganancia diaria de peso por animal. De ahora en adelante lo que vale es el sistema y como el límite del rancho son sus linderos, todo nuestro enfoque cambia a litros o kilogramos por hectárea.

Por otra parte, mostramos que la rentabilidad en conservación es enorme, ya que los beneficios de este manejo en biodiversidad y en especial por secuestro de carbono y metano, y los gases de efecto invernadero son exponenciales, porque no sólo se reduce la emisión de gases de efecto invernadero, sino que un rancho manejado de manera racional o sustentable se convierte en un sistema secuestrador de CO_2 (bióxido de carbono) que usa el suelo como el vertedero de carbono de la naturaleza, transformándolo en humus y materia orgánica, aumentando sistémicamente la riqueza del suelo, de la vegetación y del producto. Esta es la verdadera riqueza del ganadero, ese es el capital: es el suelo.

Si hablamos en términos financieros, el estado de resultados refleja la utilidad y es consecuencia de una mayor producción a menor costo y el balance crece porque aumentan los activos, es decir, el número de cabezas y también aumenta el capital, en un sentido figurado –es como ponerle otro piso al rancho–, por el multiplicador del número de cabezas por hectárea que soporta el rancho gracias al manejo y como consecuencia de un suelo que lo soporta. Este último es el verdadero capital. Un ranchero rico con un suelo pobre no lo será por mucho tiempo, tarde o temprano tendrá que "importar" al sistema: alimento, fertilizantes y otros insumos que degradarán su bolsillo.

En un sistema de pastoreo de ganadería sustentable, para que funcione es indispensable aumentar su carga animal, ya que funciona con presión de pastoreo, lo que se traduce en mayor número de animales por hectárea, ese es el verdadero reto.

Entorno actual

México cuenta con una superficie de casi 200 millones de hectáreas, de las cuales 57% son praderas; es decir, 114 millones de hectáreas. El resto son: 26% bosque, 11% agricultura y 6% de uso urbano, industrial y otros (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). De esas praderas 99.5% de la superficie se maneja en pastoreo y 0.5% son corrales. El manejo en pastoreo es el que conocemos como convencional, es el pastoreo extensivo, con grandes superficies donde el ganado camina largas distancias para obtener su alimento y agua, generalmente degradando los suelos y en consecuencia desertificando nuestro territorio.

Por otra parte, la biodiversidad en nuestro país es enorme. Estamos considerados como uno de los más biodiversos del mundo: somos el tercero en número de especies de plantas, el cuarto en riqueza de anfibios, el primero en reptiles y segundo en mamíferos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). México forma parte del grupo de naciones que en conjunto poseen 70% de la diversidad mundial. Si hablamos solo de Veracruz, cuenta con 12% de la diversidad del planeta, ya que su riqueza florística incluye 7,482 especies; se coloca en México como tercer lugar después de Oaxaca y Chiapas. Si hablamos de la capacidad que tienen los territorios de secuestrar gases de efecto invernadero, como el CO_2 y metano, la ecuación es mala, ya que prácticamente solo 26% del territorio absorbe las emisiones de CO_2.

Es generalmente aceptado que un bosque maduro tiene la capacidad de secuestrar hasta 30 toneladas de CO_2 al año, valor que en una pradera con pastoreo continuo y extensivo es casi nulo. En cambio, en una pradera manejada racionalmente, con ganadería sustentable, se pueden secuestrar hasta 10 toneladas por hectárea. Si en nuestro país los ganaderos optáramos por este manejo en nuestras 114 millones de hectáreas, seríamos un país con alta responsabilidad ecológica, que absorbe gases de efecto invernadero y los deposita en el suelo; aunque parece utópico la ganadería sustentable podría hacerlo.

Haciendo un ejercicio de similitudes con números podemos entender la situación: un automóvil compacto, cuatro cilindros, emite al año 1.6 toneladas de CO_2. Ganadería La Luna, un rancho de 70 hectáreas, secuestra al año 800 toneladas de CO_2, es decir, neutraliza 500 unidades. Si todos tuviéramos una cuenta corriente de producción de dióxido de carbono, los ranchos ganaderos podrían absorber gases de efecto invernadero y verterlos en el suelo, aquí es donde está su valor, al transformarlos en materia orgánica, suelo y humus.

Mejoramiento de los suelos con materia orgánica

El gran dilema que se debe resolver es que el ciclo de carbono deposite en el suelo el CO_2 que está en la atmósfera, de acuerdo con la FAO (Michel Robert), en el mundo el almacén de carbono se ve así:

- Atmósfera 750 gigatoneladas (= mil millones de toneladas).
- Vegetación 650 gigatoneladas.
- Suelo 1,500 gigatoneladas.

Como se anotaba antes, la riqueza del ganadero es el suelo y la riqueza del suelo está conformada por la materia orgánica y de ésta es el humus. Entonces, el humus es el producto de la fotosíntesis que mineraliza en el suelo el CO_2 y lo hace disponible para las plantas. En otras palabras, si el ecosistema ganadero se enfoca en "bajar" el CO_2 y de verterlo en el suelo, nuestros

suelos serán cada vez más ricos, pero para ello hay que manejarlos adecuadamente. Nuestra propuesta es el pastoreo racional y para ello es necesario un complejo sistema de suelo-planta-animal manejado por el hombre, el conocido Pastoreo Racional Voisin (PRV).

Es una consecuencia natural del sistema de pastoreo racional que el suelo en cada "pasada" del ganado se enriquezca, aumentando la materia orgánica y mejorando visiblemente el número de especies en la pradera, pasando de un monocultivo, convirtiéndose en una pradera biodiversa. Una pradera bien manejada es una "ensalada mixta" de varias leguminosas y gramíneas que crecen vigorosamente, en lugar de un monocultivo, todo eso sin introducir al ecosistema ganadero un gramo de agroquímicos. No es magia, se llama biocenosis.

La biocenosis un proceso continuo, un círculo virtuoso que consiste en una espiral de mejoramiento que inicia con una declaratoria de eliminar insumos nocivos al rancho, hacer un manejo adecuado del ganado con PRV y verlo como un sistema productivo, como un todo: suelo, hierba y vaca. Tomará años llevar el sistema perturbado por prácticas agrícolas convencionales hacia un sistema estabilizado con sus mejores niveles de producción agropecuaria en equilibrio, por eso, entre más pronto se inicie es mejor.

Producción de ganado en nuestro país

Con todo orgullo tenemos que ubicarnos en la escala mundial y reconocer que somos el séptimo productor mundial de carne. Así son las cosas en el mundo: Estados Unidos produce 23.7%, Europa 15.7%, Brasil 12.3%, China 10.9%, Argentina 5.2%, Rusia 4.7% y México 3.6% (USDA). La población animal en México es de 30 millones de cabezas de bovino, 7.3 de ovino y 4.1 de caprino.

En México tenemos también otro ingrediente que causa demanda de carne y es el mayor crecimiento en el consumo de carne 12.3% anual, contra un crecimiento en la producción de 7.4% de consumo nacional aparente (Sistema de Información Comercial de México-Secofi). Pero si esto continua permanentemente se puede abrir una brecha cada vez mayor de déficit, que sólo será posible cubrir, desafortunadamente, con importaciones.

Distinguiendo a los estados que más producen ganado bovino (para carne y leche) se encuentran: 1. Veracruz con 14%; 2. Jalisco con 11%; 3. Chiapas con 6%; 4. Sinaloa con 5%. La ganadería representa 0.6% del PIB nacional, que es 18% de toda la producción agropecuaria. Es, por lo tanto, la práctica productiva primaria más importante en México.

En las contribuciones de distintos ganaderos que participan en este libro se muestra que, la materia prima para que un sistema racional funcione es el incremento dramático de carga animal, duplicando o triplicando esa carga animal por hectárea sin introducir piensos o alimento concentrado al rancho, sólo con manejo adecuado. Esto hará que se incremente la producción. Tenemos una gran oportunidad de ser una potencia en productos agropecuarios procedentes de pastoreo, si manejamos adecuadamente nuestro ganado, eso sumado a que mejoraríamos el ecosistema, conservando la biodiversidad y aumentando el secuestro de carbono. Decía que hay pocas cosas en la vida en las que sea tan claro ganar-ganar, como es la ganadería sustentable.

En este libro se expondrá el caso de tres ganaderías exitosas en la implementación del sistema sustentable, hoy llamado manejo racional. Nos aportarán sus experiencias: Julio del Ángel del rancho Loma Bonita en Ozuluama en el trópico de Veracruz; Ricardo Romero del rancho Las Cañadas en la región del bosque de niebla en Huatusco, Veracruz y un servidor, Luis Caraza de la Ganadería La Luna en la región montañosa del centro de Veracruz, entre Naolinco y Xalapa-Compartiremos entre otros temas:

- Descripción del rancho y sistema.
- ¿Por qué tomar la decisión de cambiar a un manejo sustentable?
- El proyecto ejecutivo.
- Recomendaciones para quienes inician en la ganadería sustentable.
    - Principales errores que podríamos evitar.
    - Principales aciertos.
- Claves en el manejo racional de los ranchos.
- ¿Qué prácticas de conservación se han implementado en cada rancho?
- Resultados después de implementarlos.
- Otros pasos en la ganadería sustentable de los ranchos.

Sistema racional con silvopastoreo:
GANADERÍA LA LUNA, UN ENFOQUE PRÁCTICO

Luis Caraza Stoumen

Con toda honestidad y humildad, en este texto no pretendo hacer recomendaciones de cómo hacer las cosas, ni decir qué está bien o está mal, lo único que busco es transmitirles la experiencia de cómo nosotros hemos resuelto nuestros problemas, cómo llegamos a conclusiones, nos equivocamos, corregimos y qué es lo que nos funciona actualmente.

Cada rancho es muy diferente, incluso dentro del mismo rancho existen condiciones distintas, por ello debemos tener precaución cuando observamos sistemas, métodos, razas y pastos en otro lugar y los queramos adaptar al nuestro. Las decisiones que se tomen en sus ranchos pueden adaptarse de otros, absorber toda la literatura referente a manejo, sustentabilidad, manejo reproductivo, alimentación, etc., pero al final ese proceso de adopción sólo lo va a definir su equipo de trabajo y usted.

Es muy común adoptar sistemas productivos intensivos, con alta tecnología, probados por ser exitosos, como la alimentación en corral, superalimentación con granos, altas producciones unitarias, con razas cárnicas o lecheras, de "alta" genética, muy demandantes de proteína y energía. Pero eso funciona en economías como las de Estados Unidos de América o Europa, donde cuentan con subsidios eficientes, predios muy tecnificados con altos costos, con herramientas como tractores, instalaciones, equipo y con un financiamiento muy barato.

Pero en México tenemos otras ventajas estratégicas competitivas que debemos aprovechar: clima, latitud, sol, suelo y agua. Con todo y sus limitaciones, esa es nuestra fortaleza, no nos dejemos influenciar ciegamente por lo que funciona en otras partes del mundo y aprendamos de todos los sistemas. Por ejemplo, nuestra ganadería se parece más a la de Nueva Zelanda. Ellos identificaron que hay una época de alta producción de forraje y se adaptaron para producir leche de puro pastoreo, sin suplementos, empadrando una vez al año y haciendo coincidir la estacionalidad de partos, la demanda de forraje con la oferta. Parece lógico y fácil, pero no lo es, se tuvieron que poner de acuerdo los productores, gobierno, industriales y academia, para manejar así al país completo. ¿Cuál es el resultado?: Nueva Zelanda es el séptimo productor mundial de leche, en una isla del tamaño de Chihuahua. México es el noveno productor de leche, después de Argentina, sin embargo, ¡somos el quinto

lugar como importador de lácteos y segundo importador de leche en polvo del mundo!

En Ganadería La Luna estamos adoptando nuestro sistema. Es un proceso paulatino, porque la programación de partos toma varios años en cerrarla a pocos meses, difiriendo cada año un poco la época, primero con solo dos periodos para los "repasos", para finalmente concentrarlos en una sola época de partos. Para nosotros es suficiente el objetivo de tres meses de partos al año.

Volviendo al rancho. Lo primero es estar conscientes de los procesos naturales de su espacio, aprender a observar con mucho más detalle y profundidad el clima, la topografía, las especies vegetales, las especies de insectos (especialmente los escarabajos), las aves, las consecuencias sobre el ganado de todo el ecosistema y así aprendemos a aprovechar esa fuerza en beneficio de la producción, de la conservación y de la gente.

Les pongo un ejemplo de lo que me refiero: es conocido que la mejor época de precios de la leche es el invierno, entonces: ¿es conveniente tener altas producciones de leche en la época de precios altos? ¡No!, aunque parezca lógico, es mucho más alto el costo de los insumos para abastecer las necesidades del ganado en esa época, que el beneficio en el precio; también son más frecuentes las enfermedades en un ambiente hostil para la época de parición, como el frío y la lluvia.

Descripción del rancho y el sistema

Ganadería La Luna está ubicada en el poblado de La Concepción, municipio de Jilotepec, entre Xalapa y Naolinco. Estos predios se desprenden de lo que fue el Ingenio La Concepción, terrenos agrícolas destinados a la caña de azúcar desde principios de siglo (Figura 1).

La temperatura media anual es de 20.1 °C, clima semicálido húmedo, con 1,425 mm de precipitación al año. La topografía es de lomerío y planos inclinados. Estamos ubicados a una altitud de 975 metros sobre el nivel del mar, entre la latitud 19° 36′ Norte y longitud 96° 53′ Oeste.

Los suelos son desprendimientos de materiales volcánicos, basaltos que en la región le decimos "malpaís", con piedra volcánica proveniente de colados de La Joya de hace cinco mil años, que los geólogos dicen que es una formación "joven". Los suelos son regosoles, leptosoles acrisoles y fluvisoles (Arellano *et al.*, 2017).

Los principales usos del suelo a través de la historia, en el ingenio La Concepción, han sido básicamente para cultivo de caña de azúcar, con destino al ingenio, café, ganado bovino y ovino (Figura 2). Estos últimos funcionaron un tiempo dentro de las fincas de café como "chapeadores", para controlar las hierbas. Los ovinos fueron un buen negocio, pronto se ganaron su espacio

Figura 1. Ingenio La Concepción, en 1920, rodeado de cultivos de caña.

Figura 2. Ovinos en pastoreo en Ganadería La Luna, con cerco móvil, en el año 2010.

en los potreros, pero por la superficie limitada tuvimos que decidir por una sola especie y nos especializamos en el ganado pardo suizo.

Tenemos más de 40 años usando cercos eléctricos en una forma progresiva, inicialmente para utilizar espacios no productivos para caña de azúcar o café, donde introdujimos los primeros vientres de ganado F1. La disposición de cercos tenía que ver con los espacios que se liberaban de otros cultivos y atendiendo a la topografía caprichosa de la región. Iniciamos manejando lo que le decíamos pastoreo rotacional, con un orden de las manadas haciendo un circuito rotativo.

Con el tiempo el ganado se ganó su espacio, especializándolo para leche. Usamos toros pardo-suizo adquiridos de ganaderías prestigiadas, así como vientres puros, desplazando el ganado F1. La crisis del café nos hizo comprar fincas adjuntas y cambiar el cultivo de café por ganado pardo suizo.

El parteaguas

En mi rancho tuve la fortuna de ser sede de una investigación realizada en el municipio de Jilotepec, a partir de 2012. El proyecto inicial, coordinado por la doctora Carmen Huerta, contó con la participación de un grupo diverso de investigadores del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) y fue desarrollado gracias a la intervención de su entonces director general, doctor Martín Aluja Schuneman; así como del equipo de entomólogos participantes y del apoyo de las autoridades municipales y de la Asociación Ganadera Local de Jilotepec. En 2013, como resultado de la primera etapa del proyecto se publicó el libro *Hacia una ganadería sustentable. Estudio de caso: Jilotepec, Veracruz* (Cruz y Huerta, 2013).

A partir de 2014 se integraron al equipo la doctora Lucrecia Arellano y se publicó el libro *El estiércol: material de desecho, de provecho y algo más*, en coautoría con las doctoras Carmen Huerta y Magdalena Cruz (Arellano *et al.*, 2014). Este grupo de investigadoras, persiguiendo usar a los escarabajos como monitores de la salud del suelo identificaron, junto con la doctora Patricia Menegaz de la Universidad de Santa Catarina, en Brasil, que Ganadería La Luna tenía una muy baja riqueza de especies de escarabajos del estiércol (hasta 50% menor que los ranchos vecinos) y muy baja abundancia de individuos, comparado con otros ranchos del mismo municipio (Cuadro 1) Esa fue una gran alarma, ya que los escarabajos prestan servicios ambientales importantísimos a los suelos ya que son capaces de dispersar y enterrar las boñigas de estiércol en el suelo, construir túneles subterráneos mejorando la aireación del suelo, controlar indirectamente las poblaciones de las moscas del ganado (como la mosca del cuerno) que depositan sus huevos en el estiércol y mejorar la cantidad de materia orgánica en el suelo incorporando nutrientes.

Cuadro 1. *Análisis de la fauna de escarabajos entre ranchos.*

Año	2003	2003	**2014**	2014	2014	**2016**	**2016**
Rancho	Espinal	Espinal	**La Luna**	Servando	Adrián	**La Luna**	**La Luna**
Sitio	Bosque	Potrero	**Potrero histórico**	Potrero	Potrero	**Potrero histórico**	**Otros sitios**
Abundancia	29	39	**5**	44	40	**6**	**10**
Riqueza de especies	5	7	**3**	6	4	**2**	**5**

Fuente: Cruz y Huerta, 2013.

En Ganadería La Luna y ranchos vecinos, debido a que los terrenos se encuentran sobre un derrame de lava o malpaís, la no existencia del suelo o la presencia de suelos muy jóvenes son factores limitantes para que se presente una alta riqueza y abundancia de especies de escarabajos (Arellano y Halffter, 2003). Sin embargo, en el caso particular de Ganadería La Luna, existían otros factores limitantes para que los escarabajos colonizaran nuestros terrenos: 1) que para enriquecer a los potreros pedregosos (donde antes fue cañal) usábamos el riego con lodos agrícolas provenientes del ingenio –cachaza–, 2) que nuestros terrenos estaban degradados y compactados y 3) que manejábamos los potreros con ganadería mixta y desparasitábamos el ganado con ivermectina, potente desparasitante para controlar eficazmente los parásitos cuando conviven especies de ovinos y bovinos; entonces creímos necesaria esa eficacia, sin embargo, tiene tal poder residual que muchas de las especies coprófagas que se alimentan del estiércol no lo detectan al paso del tiempo y mueren sin cumplir su función, provocando que el estiércol se degrade en mucho más tiempo y no se incorpore rápidamente al suelo.

Posteriormente, se realizó otra investigación en Ganadería La Luna, "Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo", por los coautores Lucrecia Arellano, Enrique Meza, Patricia Menegaz y José Antonio Torres (Arellano *et al*., 2017). Su objetivo fue realizar un análisis completo de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, para relacionarlas con los diferentes manejos y usos del suelo de mi rancho, estudio que servirá como punto de partida para monitorear los cambios en la calidad del suelo; estamos conscientes que después del cambio de manejo del rancho la recuperación será lenta, pero valdrá la pena.

Así que a partir del 2014 declaramos ¡cero agroquímicos!, esto significa: cero herbicidas, cero fertilizantes, un uso racional de desparasitantes como los mebendazoles, prohibimos terminantemente el uso de ivermectinas, ahora usamos garrapaticidas orgánicos y evitamos cualquier veneno que pueda alterar nuestro frágil ecosistema.

Así que rediseñamos el rancho con un plan ejecutivo y distribución de potreros, recalculamos la carga animal e iniciamos una intensa campaña de conservación ecológica, dentro de lo que se incluye la reforestación.

El proyecto ejecutivo

El rediseño del rancho se fundamenta en los principios del pastoreo señalados por el científico francés André Voisin. Quien después de la Segunda Guerra Mundial observó detenidamente el comportamiento de la vaca y la hierba, con los pocos elementos que tenían en la posguerra y ante la falta de fertilizantes, eso con el objetivo de producir a menor costo y sin insumos. Curiosamente sus principios fueron adoptados en Cuba y Brasil; en la figura 3 se definen las cuatro leyes del pastoreo que estableció Voisin:

Esta es la máxima con la que nos regimos los gananderos sustentables, se le conoce como Pastoreo Racional Voisin (PRV), el cual se explica de forma práctica:

- El periodo de reposo es el tiempo desde que sale la última vaca del potrero y vuelve después de dejarlo descansar, así se recupera y crece del pasto. Aquí la clave es que se alarguen los tiempos de reposo para permitir que especies de crecimiento lento, como

Figura 3. Representación de las Leyes de Pastoreo Racional Voisin.

hierbas y leguminosas comestibles, crezcan en el potrero. El momento de entrada es el "arte" del pastor, es cuando se da el punto óptimo de reposo. Después se identifica el periodo de crecimiento explosivo o "llamarada de crecimiento", justo antes que las hojas bajas del pasto inicien su oxidación o se empiecen a poner amarillas.

- La ocupación debe ser tan corta que nunca un animal se coma un rebrote tierno, esto solo se logra sacando las vacas rápidamente. Aquí interviene un factor clave que es la presión de pastoreo; es decir, muchas vacas en una superficie limitada, logrando una alta carga animal por hectárea. Con esto se consigue que los hábitos de pastoreo del ganado cambien, de ser animales selectivos a no selectivos, en otras palabras, que coman con voracidad lo que encuentren.

- El rendimiento máximo quiere decir que los animales con mayores requerimientos entren al potrero fresco y después el resto de los animales, por ejemplo: primero la ordeña y después las vacas secas, en una proporción adecuada que se estima 30% y 70%, respectivamente. Admito que este manejo no lo acostumbro.

- Rendimiento regular, quiere decir que se busca que el ganado siempre coma el mejor pasto, ya que a medida que pasa el tiempo el ganado al entrar a un potrero come primero las partes más nutritivas y después quedan los tallos y material muerto con menor calidad, bajando los nutrientes. Esto puede pasar si se deja por mucho tiempo al ganado en un potrero. Por ejemplo, una vaca de ordeña el primer día produciría mucho, el segundo menos y así sucesivamente, hasta cambiarla de potrero, entonces subiría su producción. A esto se le llama "efecto serrucho", que se debe evitar a toda costa.

Plano ejecutivo

Para definir la capacidad máxima del rancho se debe analizar qué tenemos exactamente, así fue necesario hacer un plano donde se definieran las vocaciones de cada superficie del rancho y de acuerdo con la carga animal estimada diseñar los potreros, sus tamaños, caminos para ganado y, muy importante, ubicar las fuentes de agua y su distribución. Esto es de importantísima trascendencia, porque debemos considerar que la energía que consume el animal debe ser aprovechada para producir y no para que la pierda caminando, por

ello el diseño se enfoca en que caminen lo menos posible, teniendo en cuenta una máxima: "El agua va a la vaca y no la vaca al agua".

Otro factor por considerar es que los potreros de cada manada deben ser similares en tamaño, para que sea fácil el cálculo de tiempo de ocupación y de la carga animal instantánea. Así definimos potreros pequeños de tamaño fijo por manada, de tal manera que la superficie considerada nos permitiera una distribución eficiente del agua, potreros regulares y caminos de acceso. También consideramos usar cercos móviles para subdividir los potreros, en nuestro caso es un elemento clave, siempre y cuando sea fácil dividir en partes iguales y mantener de la forma más sencilla las reconexiones eléctricas. El equipo comercial que venden con este fin tiene la posibilidad de hacerlo, incluso con el cerco vivo, con corriente. En nuestra experiencia no importa qué tan pequeños sean los potreros, en la práctica te vas dando cuenta que te quedaron grandes. Pero gracias al cerco eléctrico móvil tuvimos la posibilidad de re-dividir hasta obtener tamaños óptimos de acuerdo con el número de cabezas en la manada.

Una clave que tardamos en aprender fue conseguir que la vaca cambie de hábitos de pastoreo, de ser un animal selectivo en el consumo de forraje, a uno no selectivo. Los animales en general eligen su alimento en la primera capa del potrero, sin importar lo que tengan que caminar, porque hay espacio para cosechar las hojas con más contenido proteico y más palatables. Cuando las vacas terminan de cosechar los forrajes de su preferencia consumen la comida que queda (tallos y otras hierbas cada vez con menores propiedades nutritivas). ¿Cómo le hicimos para que las vacas tuvieran ese cambio de hábito? Aprendimos que las manadas de antílopes, búfalos y otros grandes rumiantes en la sabana africana, siempre están juntos, en manadas compactas, protegiéndose de los depredadores y alimentándose. En nuestro caso la forma de simular a los depredadores fue el uso del cerco eléctrico. Así comenzamos a usar una carga animal instantánea de 200 (mínimo) unidades de animal por hectárea. Y lo destaco porque en la ecuación, lo que es el mínimo es este número de 200, lo que cambia es la superficie necesaria para conseguirlo, con el tamaño del hato y las veces que sea necesario mover al ganado. Me explico con un ejemplo: si tengo 50 cabezas de 450 kg cada una (así se mide una unidad animal), debo de tener un potrero de 2,500 m^2 para conseguir esa carga animal instantánea. Hago hincapié en esto porque tal vez sea necesario mover al ganado más de una vez al día, si se terminan el forraje y eso es lo ideal. Nosotros acostumbramos hacer dos cambios por día en todas las manadas.

Así que lo primero es contratar a un topógrafo, medir los linderos y establecer muchos puntos de referencia, como caminos, caños, agua, relieve, cercos actuales, vocación de los terrenos, piedras y árboles; diseñamos el nuevo rancho.

El plano ejecutivo (Figura 4) es el gran proyecto donde usted y su equipo deben verter sus conocimientos prácticos y académicos, aunque esto implica dar muchas vueltas al rancho con el topógrafo.

Cuadro 2. *Superficie destinada al ganado UA = unidad animal, en La Luna.*

Manada	Superficie (ha)	Número de Potreros	Superficie promedio unitaria (ha)	Equivalente a una UA	Cabezas máximas de 4 UA/ha
Ordeña	20	39	0-51	1	80
Secas	6	13	0-46	1	24
Novillonas	9	21	0-42	0.80	45
Becerras	4	22	0-18	0.50	32
Becerrada	1	8	0-13	0.10	10
Toretes	10	26	0-40	0.80	12.5
Totales	50	129			203.5 cabezas

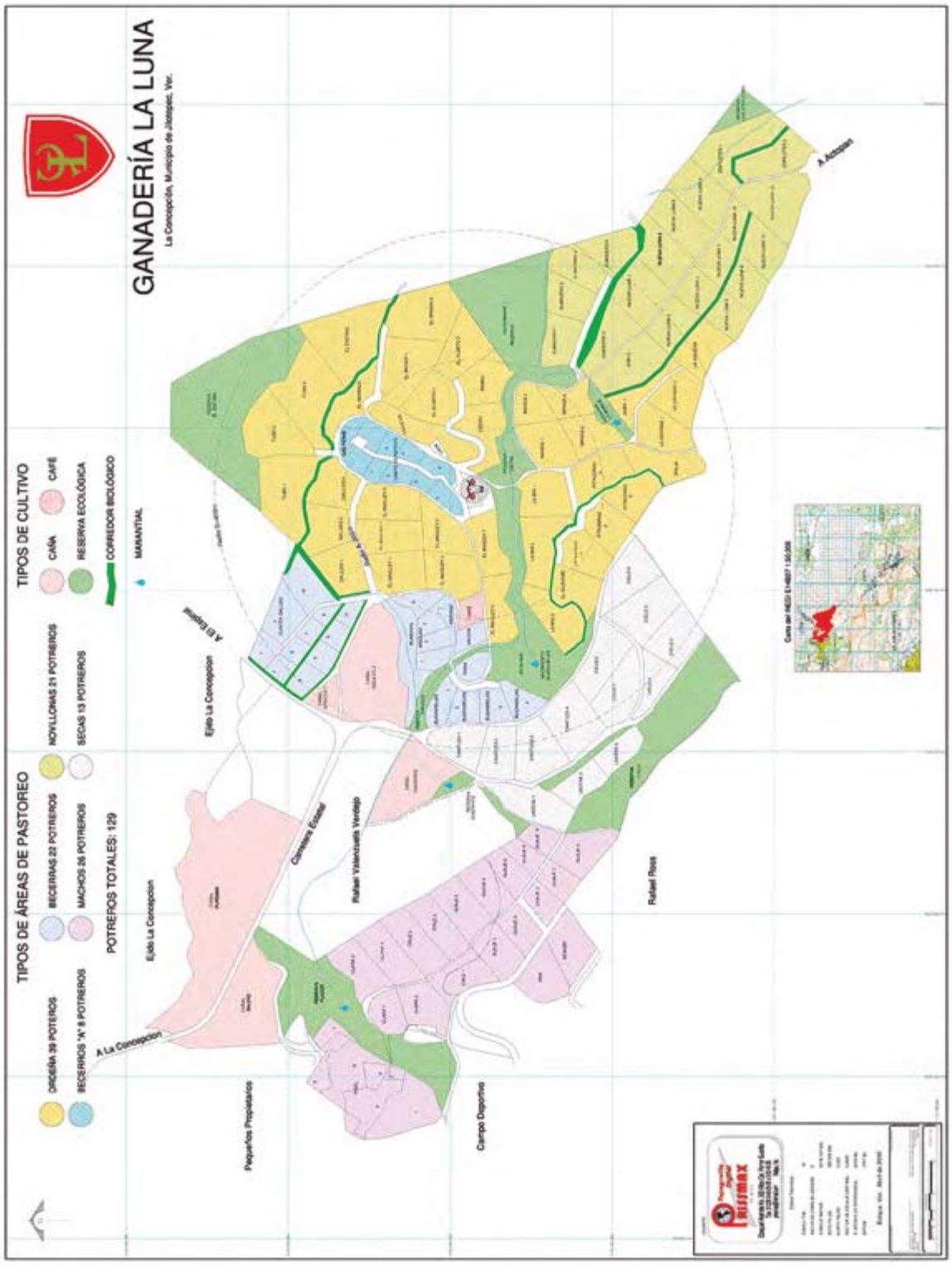

Figura 4. Plano ejecutivo. Proyecto de Pastoreo Racional Voisin.

Se debe estar bien asesorado, busque uno o varios guías expertos en este tema, no tenga miedo de sus honorarios, lo valen, es más barato que equivocarse. Lo comparo con la construcción de un edificio, debe diseñarse todo, aunque puede irse construyendo por partes, en etapas, incluso se pueden corregir algunos errores de diseño sobre la instalación, porque es muy probable que cambien cosas, pero desde un principio defina el proyecto completo. En nuestro caso, en el 2016 definimos el plano ejecutivo. Hoy, en junio del 2018 puedo decir que llevamos 80% de avance y la realidad se parece en 90% al proyecto original. Cuando terminemos vamos a mandar a hacer otro levantamiento con las medidas definitivas. Así llegamos a la definición de superficies que mostramos en los cuadros 2 y 3. Definimos un reto de carga animal de 4 unidades animal (UA) por hectárea al año.

Cuadro 3. *Superficie destinada a actividades diferentes a la ganadería.*

Vocación	Superficie (ha)
Caña de azúcar	7
Reserva ecológica	13
Totales	20

Proyección de ganado

Iniciamos el proyecto con 40 vientres y con los cálculos que les he compartido proyectamos una saturación del rancho con 100 vientres. A partir de una producción de 400 litros diarios, en la temporada de partos en un inicio y según nuestras proyecciones, debemos de pasar a 1,000 litros diarios. Esta capacidad máxima la conseguiremos en el año 2020, sin vender un solo vientre, solo desechos y considerando los remplazos y las bajas.

Qué es la reserva ecológica

Existen áreas en el rancho que, por su relieve, topografía, suelo y piedras, tienen una vocación distinta a la de la ganadería (Cuadro 2), se consideran las menos aptas para cultivos productivos y no nos preocuparemos en hacerlas productivas y las dedicamos a reserva ecológica.

Aquí también incluimos las áreas riparias (superficies en el margen de los riachuelos). Es muy importante conservarlas, cercando las orillas de los riachuelos y manantiales, destinando ese espacio para servicios ambientales del rancho y para conservación, reforestándolas creamos los espacios para incrementar la biodiversidad. Otras áreas que también destinamos a la conservación, son los que llamamos corredores biológicos, que en algunos casos forman parte de las divisiones entre los potreros. Algunas las trazamos con curvas de nivel, pero en lugar de poner una sola línea de cerco vivo, colocamos doble cerco eléctrico, dependiendo de la topografía y les dimos de 5 a 8 metros de espacio entre líneas. Ahí sembramos distintas especies de árboles forrajeros en medio y les llamamos corredores biológicos. El objetivo es tener un archipiélago de reservas ecológicas, conectadas con corredores biológicos.

Prácticas de conservación

En nuestra historia productiva no veíamos a la conservación ecológica como parte importante del manejo del rancho, pensábamos más en producción de caña por hectárea, café cereza por hectárea, litros de leche por vaca, por lo que adoptábamos las mejores técnicas conocidas de fertilización y manejo intensivo. Pensar en destinar espacio para arbolitos, sembrarlos y conservarlos, en nuestra lógica parecía un desperdicio, pero los ecologistas dicen que gente como yo podemos ser convertidos.

Ahora sé que conservar el ecosistema es prestar servicios ambientales al rancho, conseguir conservar la biodiversidad aumentando la densidad de árboles y que permitir el crecimiento de herbáceas antes consideradas como malezas tiene como consecuencia un aumento creciente en la abundancia de insectos, lombrices, aves y muchos otros grupos de organismos vivos. Dicen que un suelo sano contiene más kilogramos de peso de insectos, que lo que es capaz de mantener en su superficie de ganado. Nosotros, en particular, tenemos el interés de recuperar la población de escarabajos estercoleros ya que lo elegimos como indicadores de la salud del suelo.

Es tan importante la ecología para los ganaderos que no debemos dejarla en manos de los ecologistas, porque ellos rara vez se ocupan de dirigir ranchos.

Una buena biodiversidad hace el sistema menos vulnerable a las plagas, al cambio climático y lo hace más resiliente, es decir, aumenta su capacidad de recuperarse ante una adversidad, como son los excesos de sequía o de agua, de las tormentas y también de la presión de pastoreo.

Al final, el resultado que estamos viendo es que los potreros se están convirtiendo de monocultivos de pasto estrella de África, a praderas mixtas con especies nativas de leguminosas que aparecen de forma espontánea, como los guajes *(Leucaena leucocephala)*, chalahuites (*Inga edulis*), quebracho (*Vachellia pennatula)*, pata de cabra, entre otros, también todas esas especies forrajeras comestibles, además de algunas gramíneas como los pastos nativos.

Cuando nos enfrentamos al dilema de decidir ¿en dónde vamos a sembrar árboles?, nuestra solución fue hacer corredores biológicos (Figura 5 *a, b*), básicamente en dos formas:

1. Zonas riparias: los manantiales y riachuelos los cercamos con mucho espacio y dependiendo de la pendiente protegimos todas las caídas de agua, pasamos un cerco eléctrico de cada lado, a 4 o 5 metros del riachuelo que queda en el centro, permitiendo espacio para sembrar árboles. Por supuesto los postes son "vivos" y se sembraron como ramas altas a las cuales después les nacen raíces y más ramas. Para esto elegimos distintas especies, como palo mulato *(Bursera* sp.), izote *(Yucca* sp.*)*, chalahuite *(Inga* sp.) y ciruelo *(Spondias mombin)*, siempre intercalados (Figura 5*c*).

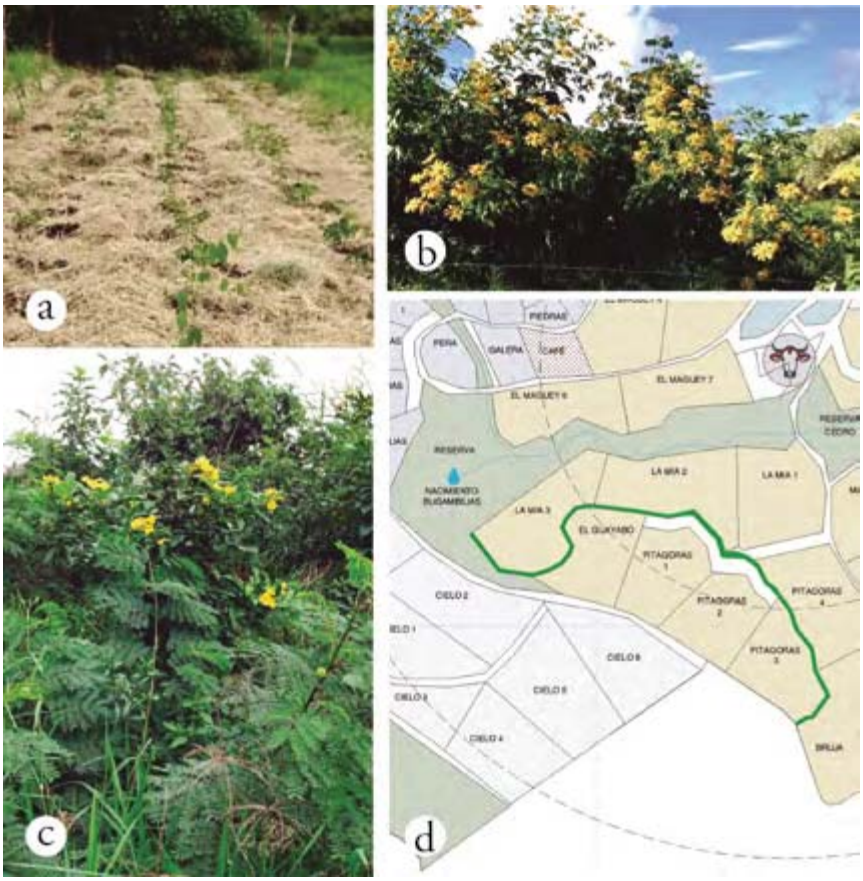

Figura 5. a) Corredor biológico recién sembrado con pata de cabra (Bahuinia divaricata), b) corredor con gigantón (Thitonia diversifolia; en Centroamérica le dicen botón de oro), c) corredor multiespecies con guaje (Leucaena leucocephala) y tronadora (Tacoma stans), d) corredor biológico (línea verde) en curva de nivel dividiendo los potreros.

2. En los linderos de los potreros: escogimos algunos por su topografía inclinada, aquí tendimos un doble cerco con un hilo cada línea, con espacio suficiente para sembrar dos o tres surcos de árboles entre cercos, a una distancia de un metro cada uno. El objetivo es que con el tiempo se retire la línea pegada al potrero y le regresamos al potrero ese espacio, pero entonces ya con árboles. Los corredores se pueden ver en el mapa señalados en verde entre los potreros o a orilla de caminos (Figura 5*d*).

Especies para siembra

Considero importante compartir ciertas decisiones de manejo de mi rancho:

¿Cómo tomar la decisión de qué sembrar? Esto es algo transcendental para el futuro de la propiedad. Nosotros decidimos sembrar especialmente arbustivas leguminosas que son de la región. Iniciamos en el 2014 comprando guajes (*Leucaena leucocephala*) en un vivero en el Puerto de Veracruz. Al principio las plantas se dieron espectacularmente, pero después del primer año la mayoría murieron. El siguiente año compramos plantas en un vivero en Coatepec, zona similar a la nuestra que nos recomendó Pronatura, así sembramos otra vez guaje (*Leucaena leucocephala*), cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*), encinos (*Quercus* sp.), guayaba (*Psidium guajava*) y ésta vez sí se dieron muy bien. Para el 2016 hicimos un plantel o vivero en forma, gracias a la colaboración del ingeniero Otilio Barrera, vecino de La Concepción (localidad donde se ubica mi rancho), quien nos guió profesionalmente en este camino, así que creo que hicimos las cosas de la manera correcta. Recolectamos además semillas de especies de leguminosas forrajeras de la región, todas comestibles y palatables para el ganado: como el overo (*Cocoloba barderensis*), quebrancho (*Vachellia pennatula*), guaje (*Leucaena leucocephala*), tronadora (*Tacoma stans*), entre otras. Logramos un plantel de 4 mil plantas (Figura 6); todas se dieron muy bien. La experiencia fue que debemos de seleccionar, de la región donde se ubica nuestra propiedad, las especies que más apreciamos, porque esas especies son agresivas en su crecimiento, porque compiten y porque son además comestibles para el ganado. Esperamos que en su fase madura todas estas especies nos puedan dar propágulos y semillas para que se diseminen en los potreros. Después de esta experiencia cada año sembramos alrededor de 2 mil plantas.

Figura 6. Es necesario un plantel o vivero en el predio, con especies endémicas.

En el 2018 evolucionamos a ser más biodiversos, ahora pensando en distintas alturas o estratos de vegetación, los planteles o viveros, además de las especies anteriores ahora incluyen especies maderables como el cedro nativo (*Cedrela odorata*) y el cacao (*Tapirira mexicana*).

Concluyo que este camino que elegimos es muy costoso, pero lo consideramos necesario, ya que debíamos de provocar un crecimiento rápido de especies deseables, por supuesto trabajamos con dudas durante el proceso, sobre todo por el gasto que significa. También es muy importante considerar que se trata de un proceso de conservación, donde se debe limitar el acceso del ganado a las

Figura 7. Letrero que ha sido colocado en el rancho, para comunicar que Ganadería La Luna es ahora un área privada de conservación.

zonas de conservación, como consecuencia inmediatamente se regenera la fauna, aunque con lentitud y sin dirección, pero esto ocurre rápido y es barato. Lo vimos en unas islas riparias donde las semillas que están en el suelo, en estado de latencia, al encontrar condiciones apropiadas y sin competencia crecen naturalmente, por lo que también es una alternativa de reforestación.

Área Privada de Conservación

En el año 2016 obtuvimos el certificado de Área Privada de Conservación (APC), otorgado por la Secretaría del Medio Ambiente (Figura 7). Este trámite fue apoyado por Pronatura como gestor y asesor, por lo que les estoy muy agradecido.

Las APC, por definición, son zonas del territorio estatal en donde los ambientes no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas o restauradas y en donde los pequeños propietarios podrían voluntariamente destinar los predios a acciones de preservación, conservación y restauración del ecosistema y su biodiversidad, representados en el Estado mediante el uso de herramientas legales de conservación (SEDEMA). Decidimos conseguir esta protección legal sobre todo como una "declaratoria" hacia nosotros mismos, pero también para protegernos de la presión urbana y sus consecuencias. Creemos que posteriormente puede ser un incentivo para otras gestiones, así como para apoyos del gobierno.

Genética

Los desafíos que enfrentará la industria ganadera en el siglo XXI serán probablemente los mismos del siglo XX. En la reunión anual de 1997, la Asociación para

el Progreso de la Reproducción y la Genética Animal, celebrado en Australia, llegaron a las conclusiones de que es necesario:

- Entender la relación entre el sistema productivo y el medio ambiente.
- Identificar el tipo correcto de vaca adecuada a los recursos disponibles, en el marco de una producción de bajo costo.
- Diseñar y ejecutar planes reproductivos para ese tipo de vaca.

Veamos cómo la ganadería sustentable que hoy predicamos tiene muchos años que ya se pensaba así, como lo hacía Tom Lasater, aunque no se ha generalizado su implementación. Nosotros nos hacemos las siguientes preguntas para decidir la raza más adecuada: ¿qué características debe tener el ganado de pastoreo?, ¿qué compro?, ¿cuál es el mejor ganado para mi rancho? y a través de los consejos y experiencia de Lasater nos damos respuesta.

Según Tom Lasater:

- La cría vacuna es algo relativamente simple. Lo único difícil es mantenerlo simple.
- La buena genética significa buena economía.
- La base de la cría vacuna y el manejo de pastizales es la comprensión, por parte del ganadero, de que está trabajando en un universo muy bien afinado, que funcionará mejor cuanto menos se interfiera en él.
- Al descartar toda hembra que no destete un ternero todos los años, sin excepciones, perderemos algunas buenas, pero eliminamos todas las fallidas. Una buena vaca es aquella que desteta un ternero todos los años y punto.
- La forma sigue la función.
- La exhibición y venta de reproductores bajo condiciones artificiales, es uno de los grandes obstáculos al mejoramiento genético de nuestro ganado en la actualidad.
- La grasa oculta una multitud de pecados, pero la grasa puede ocultar una multitud de virtudes.

Inicio respondiendo mis preguntas con las notas de Tom Lasater, quien desde 1954 obtuvo el reconocimiento por desarrollar la raza Beefmaster. Pueden ver cómo todas esas citas son aplicables hoy en día y para cualquier raza. Para nosotros es fuente de inspiración y lo recuerdo siempre que debo tomar decisiones de selección.

En la figura 8*a* se puede ver a un toro que preparamos para una feria ganadera, con una suplementación especial para atender ese mercado, al final se ven preciosos, pero es imposible distinguir su historia, sus capacidades, su adaptación, rusticidad y su respuesta a la crisis. Eso es lo que pasa en las ferias ganaderas, se compra y se vende ganado que oculta sus defectos en una alimentación artificial. En cambio, el semental de la figura 8*b* y los becerros de la figura 8*c* están en el potrero, sin suplementación y están en magníficas condiciones. Por este razonamiento yo recomiendo que cuando vaya a comprar ganado lo debe comprar en el rancho, viendo cómo come, se mueve y domina en la manada. Es muy común que cuando llega el ganado recién comprado al rancho y se va al potrero no sabe caminar entre las piedras, charcos o lodo. Así que una vez que dejan la alimentación artificial y el corral de engorda llegan a morirse en el potrero.

En nuestro caso decidimos por el ganado pardo suizo, porque es un ganado fuerte, capaz de hacerse de su propio alimento en el pastoreo, es un agresivo pastor que transforma el agua, sol y elementos por conducto de la hierba, en leche y gracias a las ganancias de peso por su conversión alimenticia, las crías tienen un buen valor de venta como carne; además, es muy apreciado en el mercado por su genética ya que cruzado con las razas cebuinas el ganado produce más leche y por el vigor híbrido que posee se desarrollan muy bien las crías. Por ello, pertenecemos a la Asociación de Ganado Suizo de Registro, con lo que obtenemos un mejor precio por la selección y la calidad genética que hemos desarrollado. En nuestro caso, con las condiciones climáticas, topografía y altura, esta raza se ha adaptado muy bien y sus características son ideales para este rancho.

No ha sido fácil mejorar la raza para que sean mejores pastores, porque la tendencia que mueve a los ganaderos en nuestro país está muy influenciada por la ganadería de corral americana. Así que, en las ferias ganaderas los comercializadores de semen y la industria en general están premiando a las vacas altamente productoras que se desarrollan en condiciones de

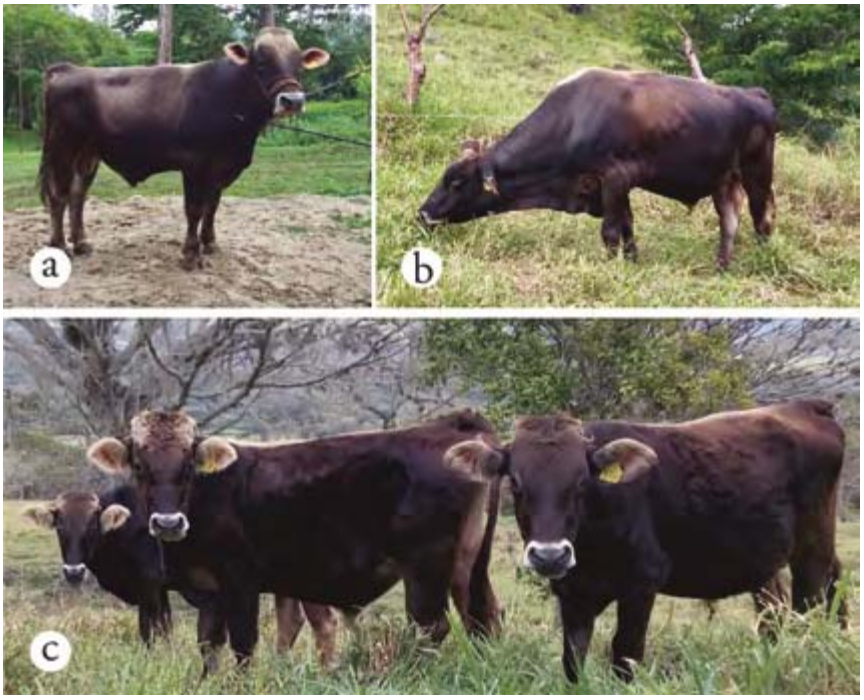

Figura 8. a) Semental criado en el rancho (Lucas Starsky Rhyth); b) semental de origen de Ganadería El Chaparral, de Vicente Oti (Chaparral Balance Jake Preston), c) becerros en pastoreo, hijos de Balance. Manada de 12 meses de edad, nacida en 2016.

corral, con altos requerimientos para que produzcan mucho, pero con alta demanda de nutrientes. Prefiero producir un litro de leche barato, con insumos de mi rancho y que la vaca los coseche, que muchos litros caros, con poco margen financiero, importando al sistema la suplementación con costos de acarreo, ensilado, corte, etcétera.

Se está perdiendo la esencia del ganado pardo suizo, aquellos animales de los Alpes, con patas y lomos muy fuertes para arrancar el pasto, lomos rectos, fosas nasales grandes, capaces de caminar grandes distancias con sus pezuñas negras, ubres bien implantadas pegadas al cuerpo para que no se golpeen, voraces pastores. En cambio, el mercado ha creado vacas Suizas que parecen Holstein, pero de color café. ¡No!, ese no es nuestro plan. Debemos seleccionar por las características originales, para que este ganado en nuestro país sea cada vez más reconocido por su rusticidad, longevidad, precocidad, capaz de producir una cría al año con solo pasto. Ese es el reto al que los ganaderos nos enfrentamos cualquiera que sea su raza, en las condiciones en que se encuentra su entorno, su rancho. La ganadería sustentable requiere de animales con estas características, aquí veo el futuro de la ganadería y una gran área de oportunidad.

La ventaja competitiva que tiene México es que no tenemos el invierno que tienen en el norte, en muchas partes de la República Mexicana se produce pasto todo el año, por lo que podríamos ser una potencia productora de ganado, aumentando nuestra capacidad de agostadero a un bajo costo. Eso es lo que nos ha inspirado, creemos que ese es el único camino para que la ganadería sea rentable y, en nuestro caso, el ganado suizo lo hace.

¿Cuáles son nuestras mejores vacas?, aquellas que paren una cría por año y que tienen 10 años o más, esas son las joyas que debemos identificar, ver que su producción sea la promedio, que es de 25 litros al parto y 10 al secarse. Aquí identificamos a las crías y si el macho tiene una línea genética que podamos reproducir podemos usarlo como semental en el rancho o venderlo con un sobreprecio.

Para la selección de los sementales que adquirimos buscamos en las ganaderías más prestigiadas, aunque realmente no podemos reconocer las características de pastores, porque éstas son normalmente de alimentación de corral. Entonces, las líneas genéticas deseables por las que nos inclinamos y buscamos son: patas, aplomos, lomo, profundidad, ubres pegadas al cuerpo

Figura 9. Vacas de ordeña en pastoreo con cerco móvil.

en las madres y panzas grandes, que son las "fábricas" de transformación del pasto, fibra y azúcares en proteína y energía.

Respecto al semen, es más fácil hacer la selección, porque las pruebas de comportamiento miden muchas cosas y escogemos las que más nos interesan, que son: vigor, fortaleza y movilidad. Normalmente las firmas europeas, sobre todo francesas e italianas, manejan ganado con gran capacidad de movilidad, sus explotaciones están más inclinadas al pastoreo y lo seleccionan con ese criterio.

Nuestro periodo de empadre dura tres meses, por eso el primer mes se lo dedicamos a la inseminación artificial y después el toro entra a la manada de gestación para monta directa y permanece ahí por dos meses. Tenemos que reconocer que este proceso aún necesita afinarse, porque menos de 20% de gestaciones son por inseminación artificial.

El manejo del ganado y la pradera

Para realizar cambios en el sistema de manejo que usamos en las producciones ganaderas hay una clave que me gustaría compartir: "aprender a desaprender". No es un proceso fácil, sobre todo porque se necesita de la completa convicción de los participantes: propietario, vaqueros y pastores, todos deben estar bien seguros de lo que hacen. En Ganadería La Luna, todo cambió con la asesoría adecuada, pero se hizo más evidente cuando los vaqueros asistieron a cursos, cuando el equipo se convenció. Vale la pena cada minuto invertido en capacitación.

El sistema

Crianza (0 a 3 meses)

Cuando hay un nacimiento separamos a las crías después de recibir el calostro de su madre y les damos leche fresca, con cubeta y chupón (Figura 10*a*). El destete se realiza a los tres meses de edad, cuando alcanzan un peso aproximado de 120 kg. Durante este periodo el becerro recibe diariamente tres litros de leche y alimento balanceado iniciador, en la mañana y en la tarde. Además, pastorean en pequeños potreros con cercos eléctricos fijos y móviles (Figura 10*b*). En este periodo esperamos que tengan ganancias diarias de peso de 800 a 1,000 gramos.

Destete (3 a 6 meses)

Después del destete las crías pastorean en pequeños potreros, con cambios de pradera dos veces al día y se les mantiene la oferta de un kilogramo de alimento balanceado por animal al día. Con esto esperamos un incremento diario de 800 g, hasta que cumplen los seis meses de edad. Al sexto mes, aproximadamente, separamos machos de hembras. Los machos entran a la manada de sementales en venta, junto con los demás que son más grandes (no hay problema de dominancia siempre y cuando el alimento balanceado se les suministre en manadas separadas por tamaño: grandes y pequeños).

En esta etapa los becerros aún son vulnerables y en el caso de esta raza pardo suizo, aún necesitan un pequeño aporte de alimento, pero cada vez dependen menos de él y cada vez más de la pradera, recordemos que estamos destetando precozmente.

Crecimiento (6 a 18 meses)

Lo primero que debemos hacer es separar los machos de las hembras. En el caso de los machos se mezclan con los otros machos, manteniendo una sola manada de distintas edades para facilitar el manejo; aunque existe competencia la jerarquía se impone pronto y se dejan de molestar. Lo que es importante es que cuando

les damos alimento se separen las manadas en dos hatos, grandes y pequeños, solamente en el momento del suministro, Aquí lo hemos hecho con alimento o sin alimento, usted deberá evaluar el costo de la diferencia en la alimentación, porque las ganancias diarias de peso son de 1 kg/día/cabeza, si se les da un kg de alimento por día, en cambio, sin alimento es de 500 g diarios por animal. Nosotros decidimos continuar dando alimento, pero la base de la alimentación es la pradera, así que es muy importante que reciban pastura fresca y nutritiva, por eso los pastoreamos en pequeños potreros con cambio de pradera en la mañana y por la tarde; es decir, dos veces cada 24 horas.

Las hembras de esa edad siguen ese mismo tratamiento, aunque las seguimos manejando en una sola manada, sin mezclarlas con las más grandes. Después de los 18 meses se mezclan con la manada que le decimos de "secas" y están listas para la monta.

Manada de vacas secas

En nuestro caso, aquí entran las novillonas (las hembras jóvenes en estado reproductivo viable), más las vacas en su periodo de descanso y algunas que no quedaron gestantes y les damos una oportunidad para que se monten en su siguiente periodo de empadre. Esta se convierte en la manada más grande a la cual le debemos dedicar más atención, porque con esa manada se aplica con todo rigor el Pastoreo Racional Voisin y dado que es nuestra manada más numerosa, en ella está el futuro del rancho; también cambiamos de parcela dos veces cada 24 horas.

En todos los casos cabe señalar que, dado que no hay una alimentación suplementaria grande, lo que es muy importante es que tengan libre acceso a sales minerales, con alto contenido de fósforo de calidad, que no se escatime, ya que es la clave de la reproducción y de los procesos biológicos de los animales. Unas sales no apropiadas pueden causar un efecto negativo en la reproducción, que puede tardar un año en identificarse y ocasionar pérdida de tiempo valioso. El pastoreo siempre tiene deficiencias de fósforo y calcio, por lo que es importante controlar esos elementos, en ocasiones es incluso necesario aplicarlo inyectado, esta es nuestra receta para que las vacas problema queden gestantes. Aplicamos calcio, fósforo y vitaminas A, D y E, una sola vez, con lo cual casi siempre resolvemos los problemas, por eso decimos que vivimos en el límite de la deficiencia.

Manada de ordeña

En esta manada se prueba la eficacia del sistema de pastoreo con toda claridad, lo digo porque cuando el pastoreo no es adecuado, como cuando se entra a un potrero de baja calidad de forraje, baja la producción de leche inmediatamente. La manada es muy sensible a los errores, por lo que debemos evitar el llamado efecto "serrucho" de la producción", es decir, que suba y baje de un día para otro o de una ordeña a la otra, que eso sucede cuando la vaca entra a un potrero de baja calidad de forraje. Aquí es donde el vaquero debe mostrar toda su habilidad para encontrar el punto óptimo de reposo de la pradera, que es cuando el follaje pasa de la "llamarada de crecimiento" a una estabilización antes de iniciar el proceso de oxidación. Esta

Figura 10. a) Alimentación de becerros con leche en cubeta, b) manada de becerros lactantes en pastoreo.

etapa se identifica justo cuando un 10% de la pradera empieza a mostrar espigas con semilla, empiezan a morir las hojas en la parte baja del tallo y se ponen amarillas. Ese es el arte del pastor, por ello es tan importante tener tantas divisiones como sea posible, para conseguir el reposo adecuado y que el vaquero decida diariamente en dónde le toca pastar. Hay que tener cuidado porque esto no es pastoreo rotacional típico, es un pastoreo racional, es el arte de saber saltar las praderas.

Las vacas durante la ordeña reciben una pequeña suplementación (un kilogramo de alimento por cada cinco kilogramos de leche que producen), con esto esperamos que las vacas inicien su lactancia con 24 litros y la terminen en poco menos de 300 días con 10 litros. En la práctica tenemos un promedio de producción diaria, por vaca, de 12 a 13 litros, debemos esperar que cada vaca produzca 3.4 toneladas de leche al año.

Reproducción estacional

El enfoque de producción en un sistema racional tiene como objetivo convertir el sol, agua y nutrientes del suelo, por conducto de la fotosíntesis, en proteína de leche y carne, así de simple, entonces vamos a entender esto: el objetivo es alinear la demanda de forraje con la oferta y ésta tiene que ver directamente con la lluvia y la temperatura (Figura 11).

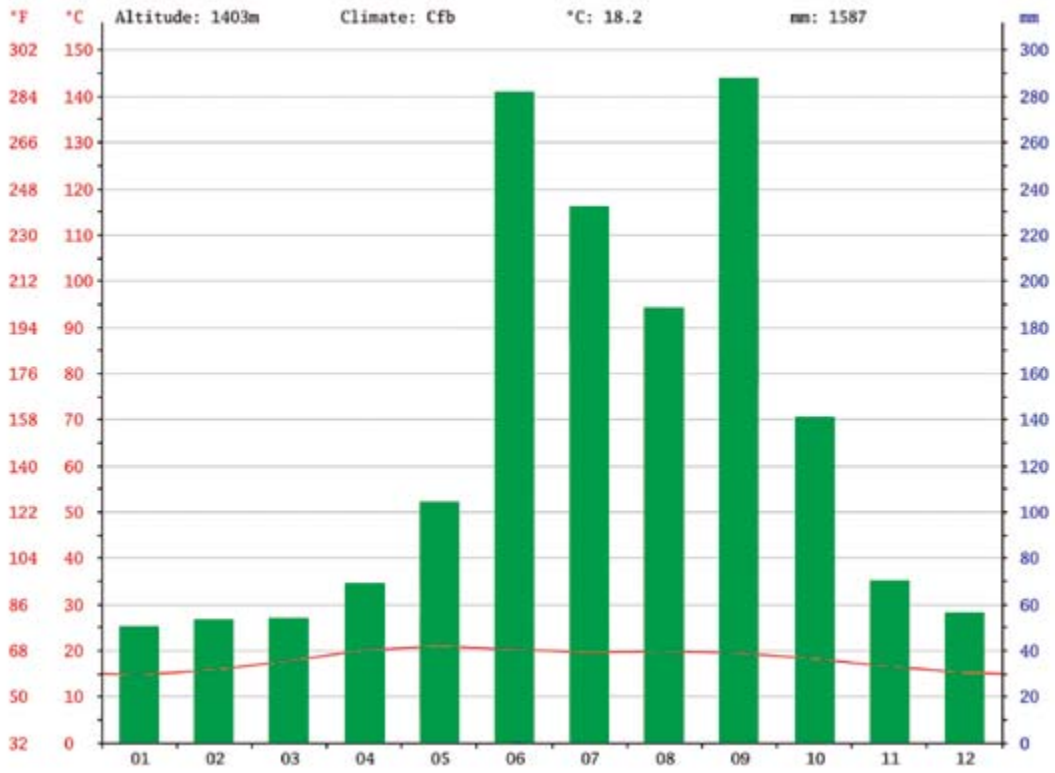

Figura 11. Climografía de Xalapa (Fuente: climate-data.org).

La gráfica de barras de precipitación y temperatura que muestra la figura 11 indica que la mayor producción de pastos la tendremos de junio a septiembre, lo que significa que el ganado tendrá estos meses para recuperar su condición corporal y estar listo para la monta a partir de agosto. Por eso decidimos empadrar de agosto a octubre. Recordemos lo que se dice: "la reproducción entra por la boca". Existe un sistema de medición de condición corporal que se mide del uno al nueve, donde nueve es la mayor. Una vaca de ordeña debe estar en condición de siete, esa información para el equipo es importante, porque para que una vaca entre en gestación debemos estar seguros que la condición está entre siete y ocho. Vacas flacas seguro serán problemáticas, por eso en agosto y septiembre ya tuvieron los mejores meses de praderas, para recuperarse después del parto y estar listas para la siguiente gestación.

Los puritanos del sistema de empadre estacional dicen que el periodo de montas debe ser de 45 días y cuando la vaca no quede gestante se debe desechar. Nosotros ampliamos el periodo a un poco más de 90 días, porque estamos en un proceso de repoblación del rancho; una vez que lleguemos a la saturación límite del rancho evolucionaremos a sistemas más estrictos. Es conveniente el sistema de 45 días porque se convierte en un método de selección natural, ya que deberemos desechar a las vacas que no queden gestantes en ese periodo.

Es difícil llegar a un empadre estacional, es parte de un proceso de acortar los periodos de monta. En un principio se alargan los días abiertos (días en que la vaca no queda gestante). Por eso tenemos un periodo de repaso en los meses de enero y febrero siguientes, para no desperdiciar todo el año esos vientres que no quedaron preñados en el periodo establecido.

Una simple gráfica de barras hecha en una libreta de cuadrículas (Figura 12) da idea al administrador del rancho ya que muestra lo fácil que es llevar ese control. Los controles del rancho deben ser fáciles y prácticos para darles seguimiento a

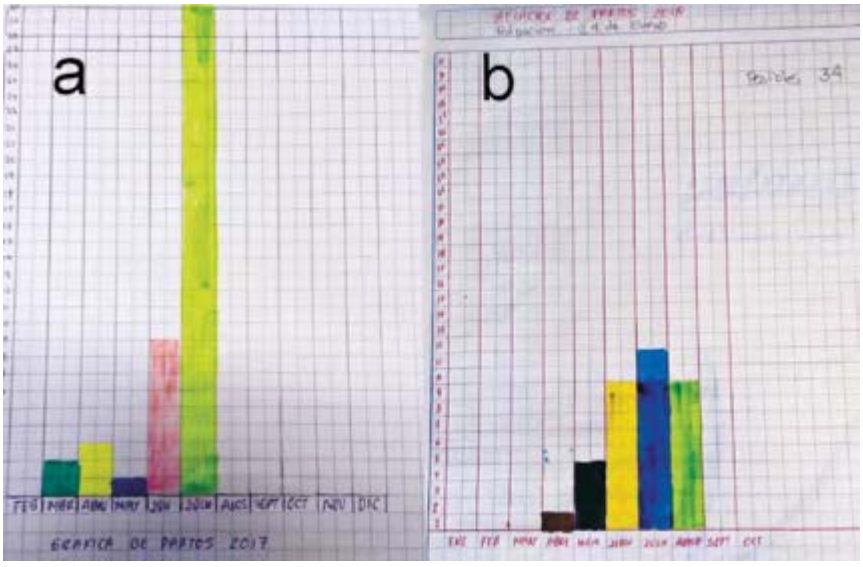

Figura 12. Predicción de partos después de la palpación (2017 y 2018).

los eventos, debe ser el método de la práctica habitual (del día a día). Notemos que en el 2017 se programaron 45 partos y en el 2018 solo 34, pero después de un "repaso" (se vuelve a meter al toro a la manada de vientres) de montas extemporáneas, que se hicieron en febrero y marzo, tendremos 20 partos más en noviembre y diciembre.

Definimos tres meses ideales de época de montas: agosto, septiembre y octubre. Durante el primer mes hacemos inseminación artificial y durante los dos meses siguientes se realiza por monta directa, eso si la actividad de monta no fue buena o vemos aún vacas en celo.

Tener una época de empadre resuelve muchas cosas en el rancho. Voy a enumerar algunas. El objetivo es empalmar la época de oferta de forraje con su demanda y el objetivo secundario es tener menos manadas, ya que con el manejo racional cada manada requiere una carga de trabajo determinada para moverlos dos veces al día, procurarles suplemento, agua y sal, así como vigilar las conexiones eléctricas, en fin, hay que poner mucha atención, pero como consecuencia se resuelven muchas cosas en el sistema, por ejemplo la programación de actividades de la siguiente manera:

- Julio: preparación especial con vitaminas y sales minerales para provocar las montas.
- Agosto: inseminación artificial.
- Septiembre y octubre: monta directa.
- Enero siguiente año: palpación y proyección de partos.
- Marzo: registros de SINIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado).
- Marzo: secado del hato.
- Abril: higienización de becerreras y acondicionamiento de potreros de la becerrada.
- Mayo, junio y julio: partos.
- Junio: registro, en la Asociación Mexicana de Ganado Suizo, del ganado nacido el año anterior.
- Junio: pruebas de hato libre de brucelosis y tuberculosis.

El manejo estacional del hato resuelve muchos problemas de orden, higiene y producción, aunque por supuesto tiene una desventaja grave: dos meses sin producción que se deben de prever financieramente y otra, la época de mayor producción de leche es la de precios bajos. Aunque insisto, es mucho más barato producir en esta época.

Es tan benévolo este sistema estacional, en los costos de producción y en la productividad, que debería ser adoptado como una estrategia gubernamental de manejo de la ganadería en nuestro país, donde se motive a los industriales a recibir la leche estacionalmente, a los ganaderos a estacionalizar sus partos y a la academia a promoverlo y desarrollarlo. Así lo hicieron en Nueva Zelanda, donde su producción forrajera se parece mucho a varios estados del sur de la República Mexicana, en lugar de adoptar estrategias de alto consumo de grano propio de países como los Estados Unidos de América o Europa.

Reflexiones finales

En Ganadería La Luna estamos convencidos, el equipo y yo, que este es el único sistema que es capaz de darle continuidad a la empresa; el futuro de nuestro trabajo depende de qué tan bien lo implementemos y, como si fuera "un traje a la medida", dependemos mucho de las aportaciones de todos los que trabajamos en el rancho, por simples que sean. Las discusiones en torno a la mejora del método son clave para que cada vez sea mejor. Es importante tomar en cuenta la sabiduría de la gente que trabaja en el rancho, para las decisiones que día a día tomamos, tan básicas como tiempo de ocupación, tiempo óptimo de reposo, cambio de potrero, cambio de manada de los animales. Todos deben de participar para afinar más el ojo, es un proceso de mejora continua.

No quisiera dejar de mencionar que es muy importante mantener registros de todo lo que se pueda en el rancho, decimos: "lo que no se mide no se consigue"; estos son los reportes que manejamos:

- Producción de leche por vaca: se mide una vez a la semana, mañana y tarde.
- Peso: se registra el peso cada dos meses, exactamente un día; es importantísimo, además el vaquero tiene incentivos por los logros si cumple con el reto de 800 g/mes.
- Tarjeta individual por vaca: se registran montas, palpaciones, enfermedades, vacunas, partos.

- Libro de hato: donde se registran partos, padre, madre, números de SINIGA, nacimiento; a cada animal que nace se le asigna un número secuencial, se tatúa en las orejas el número de la cría y la fecha de nacimiento.
- Registro por animal ante la Asociación Mexicana de Ganado Suizo de Registro: se puede ver en nuestra página web, www.ganaderialaluna.com.
- Registro de potrero: este es sólo un calendario, donde se anota cuándo entró en el potrero, así sabremos cuántos días reposa; tenemos planes de hacer un libro de registro, pero aún no lo implementamos.

Tenemos mucho que hacer, creo que lo más importante es tener una economía con mejores márgenes financieros que deberá de responder a una fórmula de ingresos, esto permitirá mejorar las condiciones de trabajo de los empleados, ya que sería un orgullo poder decir que tenemos los trabajadores de campo mejor pagados. Espero que cuando se acerque el rancho a niveles de saturación, los 100 vientres funcionales en punto de equilibrio nos van a permitir cumplir ese reto.

Otro reto es la comercialización. Básicamente son dos fuentes de ingresos: leche y animales. Respecto a la leche tengo que reconocer que nuestro cliente, Nestlé®, me ha resuelto el problema de la entrega. Su sistema funciona muy bien porque recoge la leche en el rancho, fría, la paga es puntual, a un precio razonable y da un premio por sustentabilidad, ¡magnífico!, es la primera vez que recibimos algo por este manejo, aunque eso no paga aún la diferencia por producir leche que ya es orgánica, es de pastoreo, porque el mercado ya lo está pidiendo y si conseguimos hacer una línea de abasto orgánica nuestro producto debe valer mucho más. Tenemos que trabajar en la comercialización de leche de ganado alimentado en pastoreo: las líneas de comercialización, los industriales y el consumidor.

Respecto a los animales, vender sementales es complicado y caro, es un producto de boutique, ya que hay que llevarlos a los centros de consumo y las ferias, donde también se venden animales preparados para tal fin, pero con alimentación artificial. No se puede comparar un semental engordado en corral con otro de pastoreo. Tenemos que trabajar en hacer ganadería por contrato, que el cliente busque sementales con registro de ganancias de peso, producción de leche, longevidad, eficiencia productiva en el potrero y que se pague por eso. También la Asociación de Criadores de Ganado Suizo de Registro puede ser un gran promotor de esta tarea.

Ponemos a su disposición Ganadería La Luna para que nos visiten. Tenemos la filosofía de puertas abiertas, solamente comuníquese a la página web, en google-maps©, facebook© o al correo electrónico: l.ganaderialaluna@gmail.com.

Referencias

Arellano, L., Cruz-Rosales M. y Huerta C. 2014. *El estiércol: material de desecho, de provecho y algo más.* Instituto de Ecología, Xalapa. 40 pp.

Arellano, L. y Halffter, G. 2003. Gamma diversity: derived from and a determinant of alpha diversity and beta diversity. An analysis of three tropical landscapes. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 90:27-76.

Arellano, L., Menegaz de Farías, P., Torres Rivera, J.A. y Meza Pérez, E. 2017. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo en rancho La Luna. Propietario: Luis Caraza Stoumen. Jilotepec, Veracruz, México. 46 pp.

Cruz R.,M. y Huerta C.,C. 2013. *Hacia una ganadería sustentable. Estudio de caso: Jilotepec, Veracruz.* Instituto de Ecología, A.C. 86 pp.

La historia de un ganadero
EN LA ZONA NORTE DE VERACRUZ

Julio Alberto del Ángel Juárez

Mi nombre es Julio Alberto del Ángel Juárez, mi infancia se desarrolló en el rancho Loma Bonita, en la congregación Aguada Primera del municipio de Ozuluama, Veracruz, propiedad de mis padres; asistí a la escuela primaria rural 5 de Mayo, de la comunidad Las Maravillas del mismo municipio, hasta cuarto grado, seguí mis estudios en Ozuluama y en la ciudad de Cerro Azul, Veracruz, terminando la carrera técnica de electromecánica en el año 1981 y en ese mismo tiempo regresé al rancho donde ayudé a mi padre con las labores del ganado (ordeña y demás actividades).

Los terrenos del rancho son lomeríos que antes de ser ganaderos tenían vegetación de selva con árboles maderables (cedro, chijol, palo de rosa, ébano) que se talaron para la siembra de pastos. Así se establecieron muy buenos potreros ya que el suelo virgen era rico en nutrientes, que favorecía el crecimiento de los pastos; todo esto formaba parte de las prácticas usadas en esa época (Figura 1a). Ahora sabemos que la ganadería por muchos años ha contribuido al deterioro de los ecosistemas ya que en la mayoría de los casos muchas de esas prácticas se siguen realizando, favoreciendo los monocultivos y la pérdida de biodiversidad, acabando con la fertilidad de los suelos.

En el año de 1986 me hice cargo del rancho propiedad de la familia, para ese entonces mis padres vivían en la ciudad de Naranjos, donde tenían establecido un negocio de refacciones automotrices, por lo cual habían dejado de invertir en el rancho; estaba descuidado, potreros sin pasto y enmontados, poco ganado y una producción de leche y becerros muy baja. Las prácticas que se realizaban antes de hacerme cargo del rancho eran las siguientes: las vacas después de ser ordeñadas se soltaban al potrero junto con sus becerros y en la tarde se les retiraban y se dejaban encorralados, no se hacía división de potreros, no se suplementaba con minerales, no se daban concentrados, se vacunaba solamente con bacterina triple, no se llevaban registros productivos, reproductivos ni económicos.

Al hacerme cargo del rancho la primera meta fue rehabilitar potreros, por lo que buscamos información de tecnologías para el establecimiento de pastos. Sin embargo, toda la metodología era la misma que se venía usando por mucho tiempo y era promovida por los técnicos y profesionales agropecuarios, utilizando maquinaria para la preparación del suelo y la aplicación de agroquímicos.

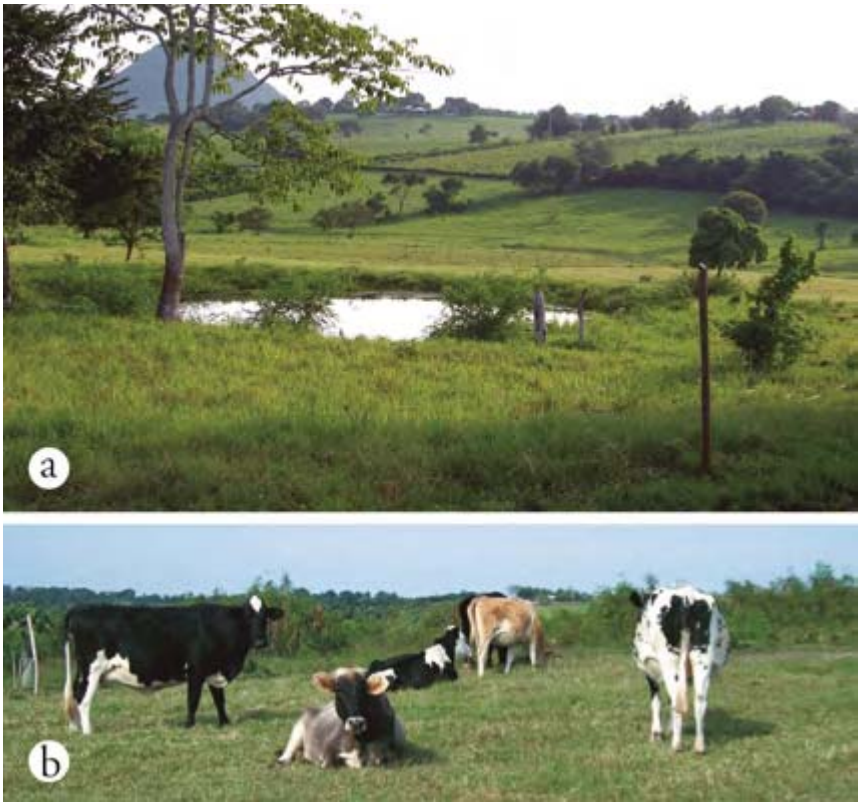

Figura 1. a) vista del rancho en 2002, b) vacas lecheras pardo suizo y Holstein que forman el ganado actual.

Así, ésta fue una tarea lenta que requirió muchos recursos del mismo rancho.

Convencido de que la capacitación es importante, tomé cursos de inseminación artificial de bovinos, pastoreo rotacional intensivo y conservación de forrajes (ensilaje). Como resultado de estos cursos encuentro que la aplicación de la inseminación artificial, utilizando semen de toros de razas lecheras pardo suizo y Holstein (Figura 1b), me dio como resultado hijas con mayor capacidad de producir leche que sus madres. El pastoreo rotacional intensivo permitió un mejor manejo del pasto en los potreros, ya que se usa un energizador para cercas eléctricas móviles que permite aprovechar el pasto en el momento que tiene más nutrientes. Y con el ensilaje se almacena forraje para complementar la alimentación del ganado en época de estiaje.

También recibimos asesoría por medio de la metodología GGAVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología), desarrollada por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) e impulsada por la Unión Ganadera Regional de la Zona Norte del Estado de Veracruz. Somos integrantes del GGAVATT Aguada Primera y de los beneficios otorgados al grupo; se tuvo la asesoría de profesionales agropecuarios, también fuimos capacitados por el INIFAP.

Considero que al agruparse los productores se fortalecen para enfrentar los retos que se presentan en las actividades agropecuarias.

En la capacitación impartida a los grupos se recomendó la siembra de pastos y forrajes por el método de cero labranza, esta actividad fue la que originó mi deseo de cambiar la forma de producción, antes de esto había logrado mejorar los parámetros productivos, reproductivos y económicos; todos estos resultados fueron en la mayoría de los casos utilizando prácticas tecnológicas convencionales. Con la cero labranza se protege la estructura del suelo y sus microorganismos, se tiene menos erosión, se reduce el uso de maquinaria y se bajan los costos de producción. En el rancho ya cumplimos veinte años de no hacer labranza del suelo.

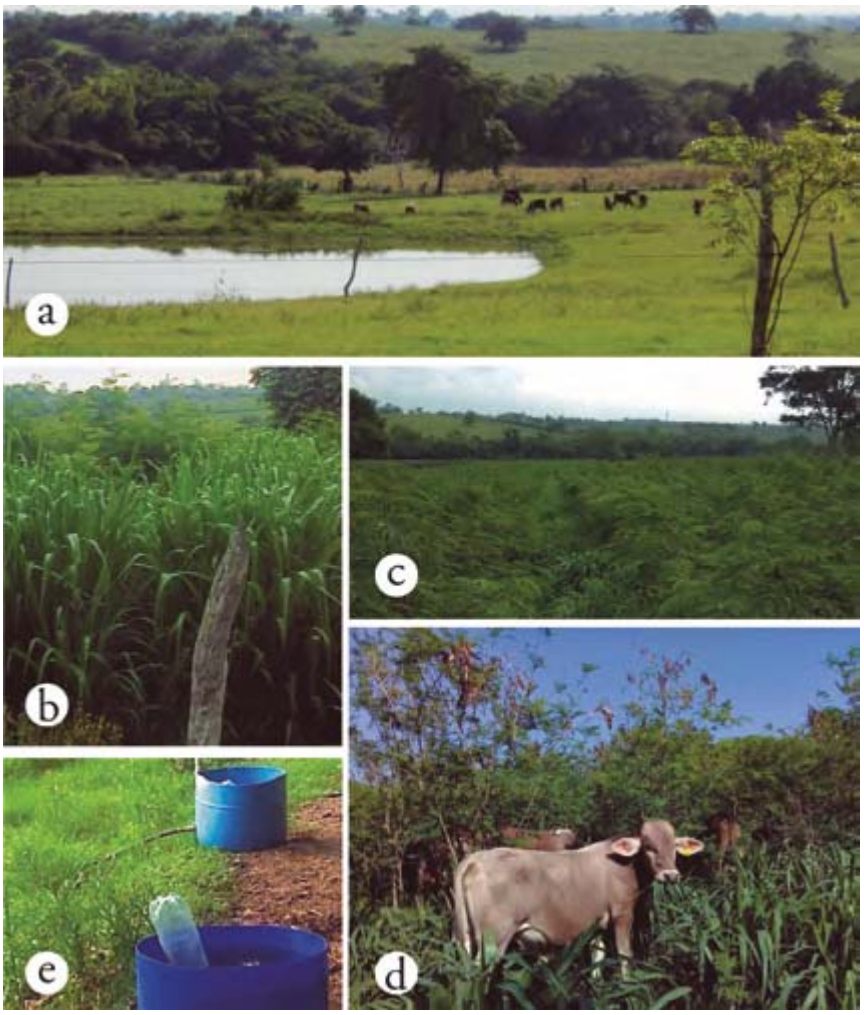

Figura 2. a) Vista del potrero antes de hacer cambios, b) potrero con pasto de corte y al fondo Leucaena y algunos árboles, c) Leucaena en siembra intensiva, d) sistema silvopastoril establecido con Leucaena, e) sistema hidráulico establecido para las vacas entre los potreros.

Cuando me inicié como productor pensé que uno de los problemas era la falta de maquinaria y equipo, al no contar con recursos económicos para adquirirlos, pero para solucionarlo decidí agruparme con varios productores vecinos formando una sociedad, posteriormente nos constituimos en el GGAVATT Aguada Primera.

El tema de la sustentabilidad me fue interesando y motivando a cambiar la forma de producción, visualizando que los problemas para la producción agropecuaria son, entre otros: la erosión del suelo por el uso de maquinaria, por las lluvias y el efecto de los vientos al no contar en ocasiones con cobertura vegetal; deforestación en los ranchos, lo que ocasiona pérdida de humedad y biodiversidad; contaminación por el uso de productos agroquímicos y prácticas como la quema de potreros; baja rentabilidad por depender de insumos externos y baja adaptabilidad del ganado por ser de razas no aptas para la zona.

En el 2011 decidimos practicar una ganadería amigable con el medio ambiente, ser menos contaminante en gases de efecto invernadero, no ser dependientes de insumos externos, cambiar la genética del ganado para buscar más adaptación a la zona, tener mayor producción por hectárea, pasando a segundo término la producción por animal individual, promover la biodiversidad de flora y fauna del ecosistema, reforestar los potreros y, por consecuencia, tener más rentabilidad (Figura 2a). Todo esto implicó reducir las altas producciones de leche de vacas, que son dependientes de alimentos concentrados a base de granos, esas vacas se han cambiado por otras menos exigentes y vida productiva más larga, con producciones modestas pero a

bajo costo, las vacas altas en genética lechera sufren más enfermedades y muertes, ocasionando pérdidas económicas.

Tuvimos la asesoría y apoyo de Fundación Produce Michoacán y de la Unión Ganadera Regional de la Zona Norte de Veracruz para el establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos, conformados en un primer piso por un pasto rastrero, segundo piso pasto amacollado, tercer piso a base de la leguminosa *Leucaena leucocephala* variedad Cunningham y el cuarto piso con árboles de porte alto para sombra, maderables o frutales (Figura 2b). En nuestro caso estamos reforestando, dejando crecer árboles nativos que nacen en los potreros, como cedros, espinos, chijoles y guácima. Algunas especies son ramoneadas por el ganado y consumen sus frutos, balanceando su alimentación por contener importantes nutrientes.

El establecimiento de la leucaena se hace de acuerdo con el paquete tecnológico recomendado por la Fundación Produce Michoacán. En mi caso se hace con cero labranza, primero se siembra la leucaena en alta densidad, utilizando 8 kilogramos de semilla por hectárea para tener 70 mil plantas (Figura 2c), a una distancia entre surcos de 1.60 metros, con el objetivo de aprovechar el aporte de nitrógeno que hacen las raíces ya que la leucaena lo toma del aire y lo fija en el suelo. Antes de sembrar la semilla se escarifica y se inocula con micorrizas. Cuando la planta tiene una altura de 50 centímetros se siembra el pasto rastrero y el amacollado. El forraje de la leucaena es muy digestible y contiene alrededor de 25% de proteína.

Se dejó de ordeñar dos veces al día y de hacer crianza artificial de becerros, ahora se hace una ordeña al día con amamantamiento del becerro, con ello se redujo la carga de trabajo y la necesidad de dar alimentos balanceados a base de granos.

En el 2015 conocimos el Pastoreo Racional Voisin (PRV) y su actualización, Silvopastoreo Racional Voisin (SPRV), este sistema de producción optimiza el aprovechamiento de los recursos existentes en los ranchos, de manera inteligente para depender en lo más mínimo de aportaciones externas (Figura 2d). La infraestructura contempla hacer los potreros necesarios para la época crítica, que en nuestra zona es el invierno y la sequía, damos 70 días de recuperación en esa temporada. Los pastos y plantas que son comidas por el ganado se pastorean en un punto óptimo, donde tengan el máximo volumen de biomasa y nutrientes, también que existan reservas en las raíces para permitir un rebrote vigoroso, por lo que no se pastorean más de tres días para evitar el consumo de los nuevos rebrotes, lo mejor es hacer cambio de potrero diario.

En este sistema se cuenta con callejones para el desplazamiento del ganado; bajo el concepto de que es mejor que "el agua de bebida vaya a la vaca y no la vaca al agua", por lo que se instaló una red hidráulica que permite llevar el agua a donde están las vacas (Figura 2*e*), con ello se logra que las bostas y orina de los animales queden en los potreros más distribuidas, que por su cantidad y composición son los mejores abonos.

Se da la oportunidad al ganado más demandante en calidad de alimento, para que seleccione lo que consume bajo el esquema despunte y repaso (Figura 3). No se aplican fertilizantes químicos, insecticidas, ivermectinas, ni se quema para no dañar el ecosistema y permitir que la naturaleza haga su trabajo a favor del suelo.

El SPRV ha permitido que los escarabajos estercoleros y lombrices se reproduzcan notablemente, esto se ha logrado por la inocuidad de la materia orgánica, que es su alimento. Estos organismos enriquecen el suelo ya que ponen a disposición de las plantas los minerales que en otras condiciones se perderían.

Entramos a un círculo virtuoso, que al tener más pasto podemos tener más ganado y al tener más ganado se tiene más materia orgánica (bostas y orines, remanentes de forrajes) y al tener más materia orgánica se tiene más pasto, repitiéndose y logrando con ello aumentar las producciones.

Se aumentó la carga animal por hectárea de 1 unidad de ganado mayor (UGM) que se tenía en diciembre del 2015 a 1.5 UGM en diciembre del 2016 y a 1.6 en diciembre del 2017.

En el 2017 se tuvieron 1,442 litros de leche por hectárea y 92 kilogramos de carne, esta producción fue a base de pastos con un mínimo suministro de concen-

Figura 3. Vaca alimentándose libremente dentro de los callejones de Leucaena.

trados, esto ayudó a bajar costos, destinando el dinero a contratar más mano de obra que está trabajando en mejorar la infraestructura del sistema SPRV. Estamos seguros de que esta reinversión servirá para incrementar las producciones por hectárea.

Los productores ganaderos debemos cambiar la forma convencional de hacer ganadería a una producción sustentable, el SPRV es el sistema que contempla la sustentabilidad como principio fundamental, para que la ganadería perdure en el tiempo y sea el sustento inagotable para las familias que de ella dependen, además busca ofrecer la mayor calidad de vida para las personas, al ofertar productos alimenticios que sean ecológicamente sanos. También se brinda bienestar y confort a los animales.

Debemos ser conscientes de que tenemos que cambiar las metodologías que dañan el entorno donde hacemos ganadería, convencernos de utilizar prácticas que sean sencillas y económicas, reduciendo así la necesidad de hacer fuertes inversiones, el uso de maquinaria y agroquímicos. Es lo mejor que podemos hacer para regenerar los ecosistemas dedicados a la ganadería.

Ganadería agroecológica
EN UNA ZONA DE BOSQUE DE NIEBLA

Ricardo Romero González

Aquí se comparten las experiencias que hemos tenido en el rancho Las Cañadas, durante 25 años, en la búsqueda de una ganadería sustentable. Debo mencionar que esta búsqueda se da en un contexto más amplio, ya que hemos ido transformando un rancho exclusivamente ganadero en un lugar con diversos usos y funciones, algunos de nuestros logros después de este tiempo son:

- Mantener 28 empleos permanentes, desde 1998, sin depender de subsidios o donaciones.
- Implementar y evaluar una gran cantidad de sistemas agrícolas y ganaderos de producción agroecológica, intentando cubrir el enorme vacío que en este rubro dejan los centros de investigación y las universidades del país.
- Trabajar como una cooperativa legalmente constituida desde 2006.
- Restaurar 225 hectáreas de potreros en un bosque de niebla.
- Constituir, en 1998, la primer Servidumbre Ecológica en México.
- Ser reconocidos como el principal centro de capacitación en agroecología y permacultura en México.
- Producir casi 80% de la comida que requerimos los socios de la cooperativa y nuestras familias (58 personas).
- Implementar y gestionar ecotecnologías (sanitarios composteros, estufas ahorradoras de leña, etc.) en los hogares de todos los socios.
- Realizar un festival anual, abierto a la gente de la zona.
- Contar con una pequeña compañía de teatro, Raíz Encendida Teatro, para promover un cambio cultural de una manera creativa.

En la actualidad, algunas de nuestras actividades del día a día consisten en:

- Atender los diferentes sistemas agroecológicos de producción de alimentos (huerto biointensivo, bosque comestible, silvopastoreo con vacas lecheras y borregos, producción agroecológica de maíz, frijol y huevos).
- Mantener un banco de germoplasma y un vivero agroforestal que envía cada semana semillas y plantas útiles a todo el país.
- Realizar 20 cursos de capacitación anuales, de 12 temas diferentes, para 22 personas cada uno.

- Ofrecer una educación alternativa para nuestros hijos y otros niños y jóvenes de la zona.
- Cuidar y gestionar 100 hectáreas de reserva de bosque de niebla.
- Usar y promover tecnologías ecológicas (sanitarios composteros, ariete hidráulico, estufas ahorradoras de leña, captación de agua de lluvia, etc.).
- Usar la bioconstrucción en nuestros hogares y otras infraestructuras necesarias.
- Realizar manejo forestal de cobertura continua en 129 hectáreas del bosque de niebla secundario que restauramos.

Dicho lo anterior, en esta contribución me centraré en compartir nuestros logros y fracasos en el tema de la ganadería, que van acompañados de nuestra muy particular visión. Al final, enlistaremos nuestras recomendaciones (menos radicales) que esperamos puedan contribuir a lograr una ganadería sustentable en las zonas del bosque de niebla.

Generalidades del predio Las Cañadas

Ubicación: región cafetalera del municipio de Huatusco, Veracruz.
Altitud: 1300 msnm.
Temperatura promedio: 18 °C.
Precipitación anual: 1950 mm.
Ecosistema: bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla.
Clima: subtropical.
Topografía: área de lomerío con pendientes pronunciadas.
Extensión: 306 hectáreas.
Suelos: de origen volcánico, arenosos, ácidos y con bajo contenido de fósforo y otros minerales.

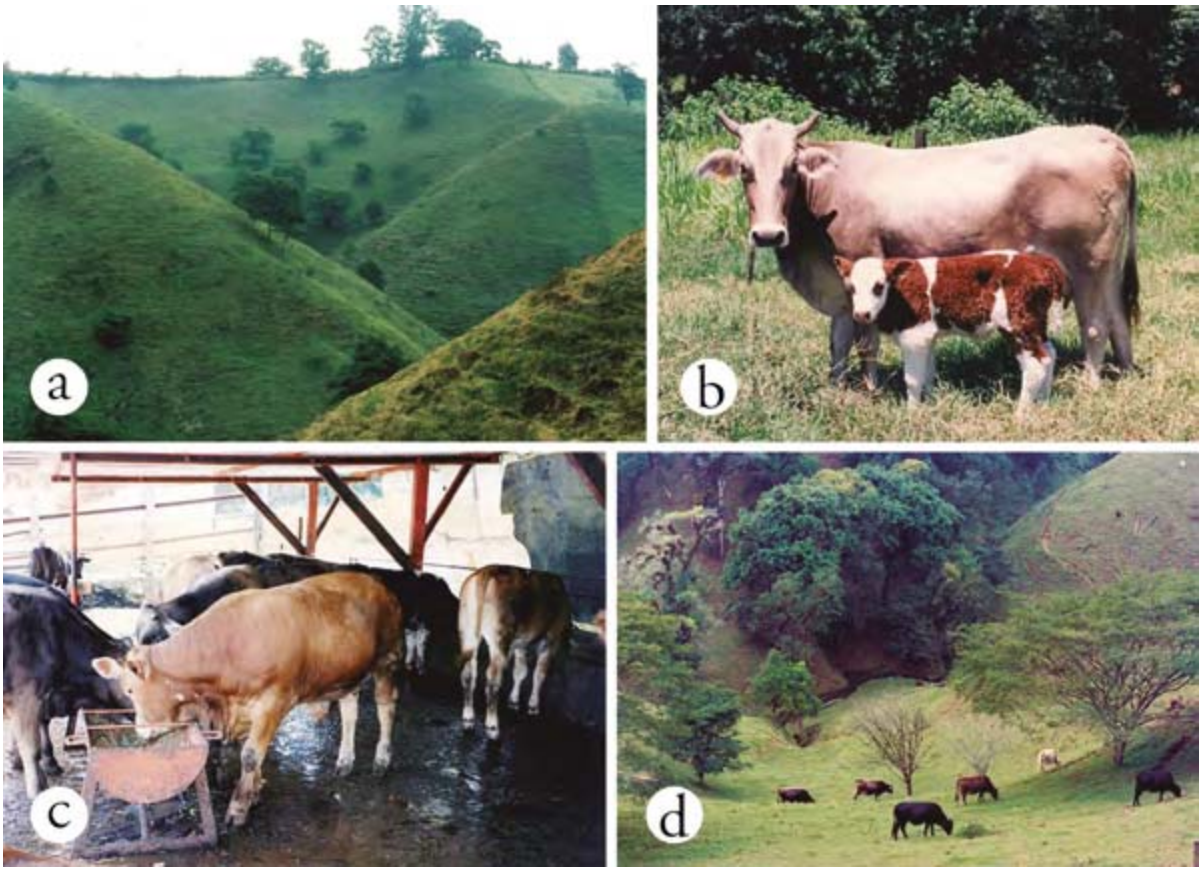

Figura 1. a) Vista de los potreros en cerros, b) vaca suizo-cebú con cría simmental, c) engorda de ganado en Las Cañadas, d) ganado en laderas.

Organización: cooperativa de producción legalmente constituida.
Número de socios activos: 24.
Personas aspirantes a socio: cuatro.

Cronología de la ganadería en el predio Las Cañadas

1960-1987. Periodo de deforestación: el cambio de bosque de niebla a potrero

En la década de los sesenta, gran parte del predio fue deforestado, posteriormente se introdujo ganado bovino y ovino en 266 hectáreas y se dejaron árboles aislados en algunos potreros, con especies como encino, marangola y liquidámbar. Se utilizaban pastos nativos conocidos como gramas nativas (*Axonopus* spp. y *Paspalum* spp.), de alto valor nutritivo pero de muy bajo rendimiento. No existían divisiones en los potreros, por lo que se realizaba un pastoreo extensivo que requiere una gran cantidad de área por unidad animal. El ganado bovino para carne era de raza suizo-cebú y los borregos de raza Pelibuey. Se controlaban las hierbas con machete. De una forma imperceptible, pero continua, se comenzó a erosionar el suelo de las laderas con pendientes pronunciadas (la mayor parte del rancho). El ingreso del rancho provenía de la venta de becerros para engorda.

1987-1993. Se consolida el predio como un rancho ganadero

En 1987, cuando mi padre Luis Romero compra el rancho, quedaban 40 hectáreas de bosque de niebla en diferentes estados de conservación. El terreno se divide en enormes potreros de aproximadamente 30 ha cada uno y comienza a haber una rotación, con periodos de ocupación muy largos (Figura 1a). Por primera vez en el predio se realiza siembra de pasto estrella, lo que significará un enorme dolor de cabeza para los usos futuros del rancho. También se introduce ganado de raza simmental, de registro y ganado simbrah (simmental x brahman); realizamos transferencia de embriones de vacas simmental con vacas suizo-cebú como portadoras (Figura 1b).

Continuamente se presentaban enfermedades tropicales transmitidas por mosca y garrapata, como anaplasma y piroplasma en el ganado europeo, que causaban muertes ocasionales. Se siguen controlando las hierbas con machete, pero también se comienzan a usar herbicidas como 2-4-D; para desparasitar al ganado utilizamos ivermectinas, entre otros productos y para el control de mosca y garrapata se realizaba con productos químicos muy agresivos para el medio ambiente. Hace su aparición el cerco eléctrico en el rancho, pero su uso era aún muy limitado. Se establece una engorda de ganado estabulado (Figura 1c), presentándose una enorme cantidad de enfermedades respiratorias por la humedad de la zona.

1993-1994. Periodo de mejoramiento de las especies forrajeras y de cuestionamiento de la vocación del predio

Egreso como ingeniero agrónomo zootecnista a los 21 años y me vengo a vivir al rancho para hacerme cargo de él. Recién llegado de la universidad, comienzo a aplicar lo que ahí aprendí y me enfoco en mejorar los potreros con la siembra de diferentes pastos, hacer más subdivisiones de los potreros, continuar con la mejora genética del ganado, reducir los costos del chapeo con más herbicidas y aumentar la ganancia de peso de los becerros con el uso de hormonas, así como aplicar fertilizantes químicos en los potreros. Las palabras: orgánico, agroecológico y sustentable, aún no hacían su aparición en mi léxico ni en mis prácticas diarias.

Pastos y forrajes

Al estar en una zona subtropical, con inviernos fríos y heladas ocasionales, me enfoco a la búsqueda y siembra de especies de forrajes de clima templado, que son de mayor valor nutritivo que los pastos tropicales. Con el apoyo de Ricardo Améndola, investigador de la Universidad de Chapingo, seleccionamos y probamos pastos como orchard, diferentes tipos de festucas y de rye grass y leguminosas como el lotus (*Lotus corniculatus)*; se desarrollaron bien durante el otoño y el invierno, pero todos murieron en el verano ya que no soportaron la humedad y el calor de esa temporada del año.

Con la experiencia anterior comencé a buscar los pastos de clima tropical que mejor soportaran el frío del invierno, sembramos pasto nandi (*Setaria nandi*), señal (*Brachiaria decumbens*) y tanzania (*Megathyrsus*

maximus), después de años aún tenemos todos estos pastos en los potreros. Nos ha gustado mucho el pasto señal, tanto por su productividad como por los resultados en la producción de leche. No volveríamos a sembrar el pasto nandi, que es muy productivo pero de baja calidad nutritiva y nos arrepentimos de no sembrar más pasto tanzania, que resultó excelente para las condiciones de mayor sombra que tuvimos después con los sistemas silvopastoriles.

El rancho continuaba recibiendo ingresos por la venta de becerros destetados y de animales engordados en corral, además se empezaron a vender animales de registro como sementales.

En 1994 tomé el curso Pastoreo Intensivo Tecnificado de Praderas Tropicales, con el M.C. Juan Carlos Avendaño, lo que me dio un mejor entendimiento para animarme en 1995 a realizar el primer rediseño de la ganadería Las Cañadas, pensando en una ganadería más intensiva que ocupara menos área del rancho.

Durante esos dos años (1993 y 1994) me dediqué a implementar las acciones anteriores y a evaluar los resultados, mi principal conclusión fue: que aún con mejores pastos, mejor genética animal y potreros de menor área, es imposible impedir la erosión del suelo en lugares con pendientes mayores al 30%, que equivalía a la mayor parte de la superficie del rancho. Por lo que comencé a descubrir la verdadera vocación del lugar, más allá de los deseos de mi padre y de mi formación académica, e imaginé un escenario en donde se redujera drásticamente el área dedicada a la ganadería.

1995. El año del "gran cambio ecológico" de Las Cañadas: primer rediseño del área de ganadería, reducción de 88% del área destinada a la ganadería (de 264 a 30 ha)

A partir de la conclusión del año anterior ya no podía dormir bien, imaginaba que el suelo del rancho "enflacaba" después de cada aguacero y que algún día, al quedarme con un suelo erosionado e improductivo me tendría que ir a vivir y trabajar a la ciudad. Una vaca de 500 kg no puede pastar en estas pendientes sin formar zanjas y aflojar la tierra que queda suelta y lista para que la lluvia la arrastre hasta los ríos, perdiéndose para siempre. Ese pequeño borde de unos 50 cm de tierra negra y fértil que está cuando talamos un bosque para hacer agricultura o ganadería, tardó miles de años en formarse, es lo que mantiene gran parte de la vida en el planeta y lo tratamos como si fuera algo despreciable, es increíble la falta de conciencia y de educación al respecto, desde el niño de preescolar hasta el empresario cafetalero o ganadero.

En fin, con todo eso y más en la cabeza, comienzo a platicar con mi padre, quien no se dedicaba a la ganadería, pero quería lograr un rancho ganadero rentable, intenté convencerlo de que vendiéramos todo el ganado de carne que teníamos (200 vacas y 180 borregos), que reforestáramos lo más posible y en las pocas partes con pendientes no tan pronunciadas, introdujéramos ganado lechero y las manejáramos con un pastoreo más intensivo. Esta era la idea general que tenía en mente, no había un objetivo muy claro, solo quitar a las vacas de los cerros para poder dormir tranquilo y hacer lo posible por enmendar el daño realizado; pensaba que con el tiempo el bosque regresara a tomar el lugar que le correspondía en el paisaje y, junto con ello, mantener los empleos que el rancho generaba.

Después de muchas discusiones mi padre me da luz verde y en pocas palabras me dice: "es tu rancho, son tus vacas, es lo que te toca como herencia, así que tú toma tus decisiones".

Comencé a vender todo el ganado, las vacas de raza simmental las cambié una a una por vacas de raza Jersey, por cada dos vacas suizo-cebú que vendía podía comprar una vaca Jersey importada, así que traje 20 vacas Jersey de registro de Canadá (Figura 2).

En unos pocos meses me quedé sin ganado de carne y en el verano de 1995 nos dimos a la tarea de sembrar 50 mil árboles nativos: encino, nogal, liquidámbar, haya y fresno y un poco de pinos y grevileas. Todos esos árboles los sembramos en 60 hectáreas del predio, con lo que llevamos a cabo lo que ahora se conoce como restauración activa. En el resto de los potreros, unas 160 hectáreas, simplemente sacamos a las vacas, dejamos de hacer chapeos o cualquier otra actividad y permitimos que la naturaleza siguiera su curso, con lo que comenzó un proceso de restauración pasiva.

Figura 2. Vacas Jersey en pastoreo.

El doctor Gonzalo Castillo, del INECOL, nos apoyó en la selección de las especies nativas para la reforestación y unos años después la doctora Guadalupe Williams, también del INECOL, comenzó a realizar investigaciones sobre estos procesos de restauración, después de ella muchos investigadores de diferentes instituciones han realizado trabajos en diferentes áreas y continúan haciéndolo hasta la fecha.

Mientras este proceso ocurría, casi podía escuchar los comentarios de mis vecinos (y quizá de mi familia): "este chamaco loco, recién llegado, primero hace, luego deshace todo", "que lástima de tantos potreros abandonados", etcétera. El impresionante cambio que fue ocurriendo en el rancho, se puede ver en las fotos aéreas y satelitales (Figura 3).

Ahora, 23 años después de haber iniciado este proceso de restauración ecológica, mantenemos:

- 100 hectáreas de bosque de niebla, 60 más 40 que ya estaban en conservación, donde se produce nuestra agua y el agua de dos comunidades que se conectan directamente al arroyo, Tlavictepan y Tepetzingo, ambas del municipio de Huatusco, Veracruz.
- 129 hectáreas bajo un manejo forestal sustentable, con un plan de manejo forestal aprobado por la SEMARNAT. En este proceso hemos recibido el invaluable apoyo de la doctora Tarin Toledo del INECOL.

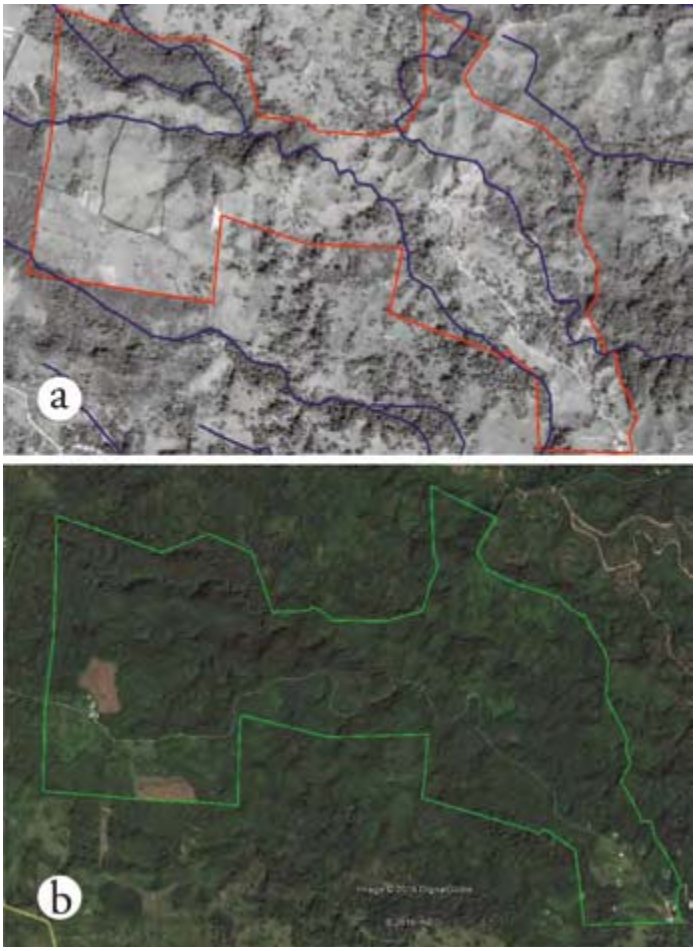

Figura 3. Vista de Las Cañadas a) en 1995 y b) en 2015.

Producción de leche con pastoreo rotacional

Mientras el bosque crecía, seleccionamos 30 hectáreas con pendientes menores a 30% y relativamente contiguas en la zona menos accidentada (Figura 4) y ahí comenzamos a implementar y manejar un módulo de producción agroecológica de leche, con vacas de raza Jersey, utilizando un sistema de pastoreo rotacional, que aunque en ese momento considerábamos intensivo, ahora vemos que no lo era tanto.

En 1996, después de nuestro primer curso de agricultura orgánica con Gapo (Guadalupe Aguirre) del rancho agroecológico Agua Escondida, en Coatepec, Veracruz, comenzamos a hacer una transición hacia la ganadería orgánica (concepto que después nos

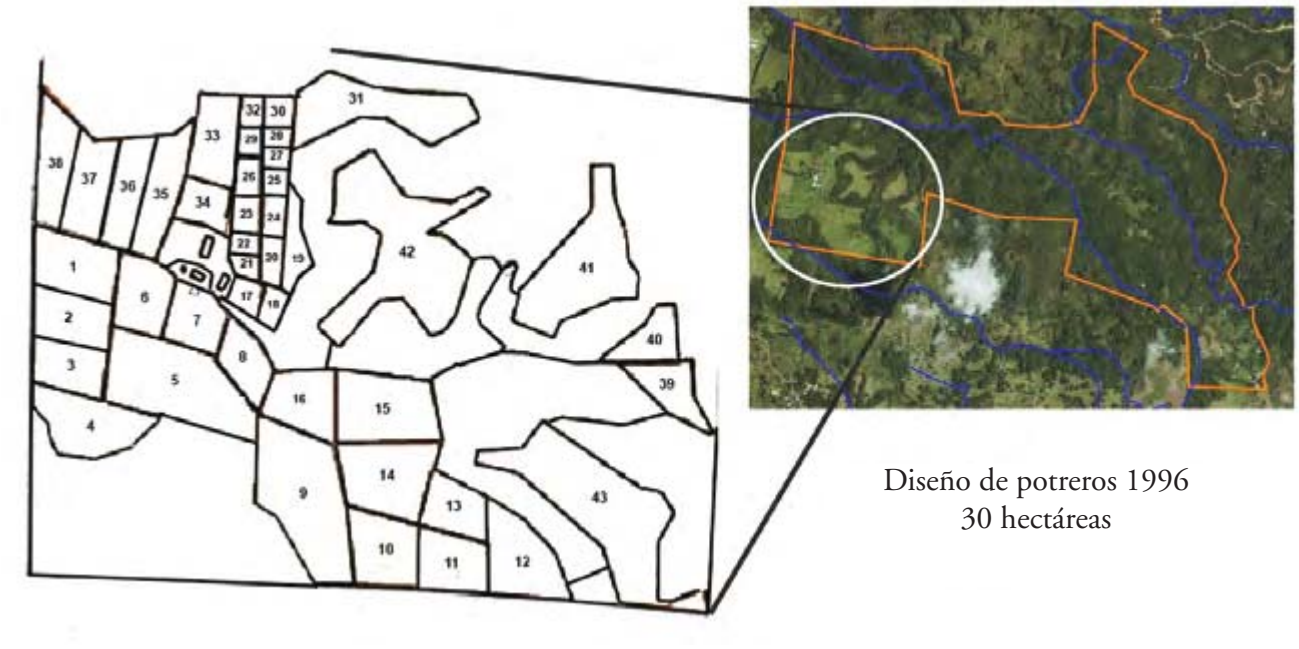

Figura 4. Enfoque al área de ganadería (30 hectáreas).

quedó corto). Dejamos de usar fertilizantes químicos y herbicidas, disminuimos el uso de antibióticos y hormonas, pero ofrecíamos 3 kg de concentrado comercial para vacas lecheras. Nuestra producción promedio era de 12 lt de leche/vaca/día y manteníamos cerca de 2.2 UGM/ha (UGM = unidades de ganado mayor, 1 UGM = una vaca de 500 kg). Cabe mencionar que 12 litros de una vaca Jersey, por el elevado contenido de grasa y proteína, equivalen aproximadamente a 16 lt de una vaca Holstein.

Al principio vendíamos la leche a un quesero, pero cuando le sobró leche en época de lluvias dejó de comprárnosla, esto nos orilló a abrir una lechería en Huatusco, que funcionó desde 1996 hasta 2003, en ella vendíamos por la mañana y por la tarde, un total de 300 lt diarios de leche, además de yogurt. Varias generaciones de niños huatusqueños se criaron con esta leche y si por algún problema la leche no llegaba o llegaba tarde, las amas de casa casi se amotinaban en la lechería. La gente tenía que dejar su traste, el cual era llenado en cuanto llegaba la leche, nunca vendimos la leche en bolsa.

Como dato no curioso, sino casi aterrador de lo que ha logrado la industria y la mercadotecnia en los hábitos de consumo de la gente, recuerdo que en 1996 vendíamos la leche bronca a 1.5 pesos/litro y la leche comercial ultra-pasteurizada, costaba 1.7 pesos/litro, 20 centavos de diferencia. Ahora, en julio del 2018, la leche del lechero de Huatusco vale 9.00 pesos/litro y la leche comercial vale 18.7 pesos/litro, 9.72 pesos de diferencia, lo que significa que hay 4,860% de aumento en la diferencia de precios de 1996 a 2018. Cuando teníamos excedentes, vendíamos la leche a la empresa Nestlé®, pero con lo que pagaba y sigue pagando a los productores, es imposible tener una ganade-

ría rentable que sea además capaz de hacer mejoras hacia una producción más sustentable.

Leguminosas forrajeras

Para mejorar la dieta a base de pastos tropicales que consumía el ganado, sembramos leguminosas como el cacahuate forrajero (*Arachis pintoi*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*), el primero de clima tropical y el segundo de clima templado. Ambos siguen presentes hasta la fecha, pero ninguno es muy productivo, en este asunto aplica una de las máximas para las regiones subtropicales: "aquí, todas las plantas crecen, pero ninguna crece bien". Otra ventaja de incorporar leguminosas en el sistema fue que comenzamos a producir en los potreros de manera gratuita, un nutriente caro de comprar pero muy necesario para las plantas: el nitrógeno.

Cercas vivas

Uno de los elementos que no debe faltar en la ganadería agroecológica son las cercas vivas. Al inicio plantamos muchos postes (estantes) vivos de palo mulato (*Bursera simaruba*), que trajimos de clima caliente y crecieron muy lentamente, tomó años para que duplicaran su tamaño, después volvimos a intentarlo con estantes de la misma especie, pero traídos de un clima parecido al nuestro y se han desarrollado mucho mejor. También tenemos cercos vivos de colorín (*Erythrina americana)* y de sauco (*Sambucus mexicana*); el clima es muy frío para el cocoite (*Gliricidia sepium*).

2000-2005. Los sistemas silvopastoriles, hacen su aparición en Las Cañadas: producción y comercialización de productos lácteos orgánicos a nivel nacional

En la búsqueda de una producción agroecológica de leche y carne, está implícito reducir la cantidad de insumos externos y eliminar el uso de agrotóxicos ya habíamos eliminado el uso de fertilizantes químicos pero seguíamos usando 3 kg de concentrado comercial por vaca al día.

Desventajas de los concentrados comerciales

- Son muy caros y afectan la rentabilidad del sistema.
- Enmascaran el mal manejo nutricional del suelo y del sistema de pastoreo, ya que mientras el sistema en su conjunto va colapsando por tener un suelo cada vez más erosionado e infértil, con potreros normalmente sobrepastoreados, el ganadero solo piensa en dar otro poco más de concentrado en lugar de ir a la raíz del problema.
- Están elaborados con productos cultivados con agrotóxicos y plantas transgénicas, por lo que si se valora la salud humana (un principio agroecológico), no es deseable que este tipo de sustancias y genes acaben en la carne, la leche y sus derivados.

- La base de estos concentrados es maíz y soya, pero si las vacas tienen la enorme ventaja de que evolucionaron para comer hierba, ¿por qué no se destinan esos productos a la alimentación humana y no animal?, sobre todo cuando la FAO indica que cada día mueren 27 mil personas por cuestiones relacionadas con el hambre.

Buscando alternativas al concentrado comercial

El primer intento por sustituir el concentrado lo hicimos con la vaina de huizache (*Acacia pennatula*), ya que se reporta que tiene 12.1% de proteína (Purata, 1999). Cerca de Coatepec conseguimos que un productor recolectara y nos vendiera una tonelada de vaina de huizache. Durante un mes dejamos de dar los 3 kg de concentrado/vaca/día y lo sustituimos por la misma cantidad de vaina de huizache molida. Pasado el periodo de adaptación del animal a un alimento nuevo evaluamos la producción de leche y la diferencia fue de 50% menos leche con vaina de huizache, que cuando ofrecíamos concentrado. Dejamos el intento con el huizache como sustituto del concentrado, pero en cambio resultó uno de los mejores árboles para nuestros sistemas silvopastoriles.

Buscando otras alternativas, nos enteramos del forraje de la morera (*Morus alba*), planta que se caracteriza por su alto valor nutricional. La hoja posee alto valor proteico (+20% P.C.), vitamínico y mineral, sin compuestos tóxicos (Bustamante, 1997), con alta digestibilidad (70.75% DIVMS), que se compara con la de un concentrado comercial para vacas lecheras (Boschini, 2003). Esta planta comenzó a ser estudiada por Jorge Benavides en el CATIE en Costa Rica, donde se realizaron investigaciones en alimentación de vacas lecheras, novillos y cabras.

En el año 2000 contratamos a Jorge Benavides para una consultoría de un par de días en Las Cañadas. Su visita marcó el inicio de la implementación de "bancos de forraje de corte y acarreo", no solo con morera, sino que Jorge nos motivó a buscar, analizar y evaluar diferentes plantas locales que pudieran usarse en este tipo de sistemas agroforestales. Encontramos plantaciones de morera en la zona de Ixhuatlán del Café, que se habían hecho para el cultivo del gusano de seda, por lo que conseguimos estacas de la variedad kanva-2 que aún hoy es la más usada en la región.

En 2001, Jorge Benavides nos invitó a hacer una gira en Costa Rica, visitamos proyectos exitosos con morera y además nos impresionó ver ranchos ganaderos en las zonas frías de ese país, donde se integraban árboles en los potreros, se usaban ilites (*Alnus acuminata*) en arreglos variables, 10 x 10 metros y 8 x 14 metros entre árboles (100 árboles/ha); este árbol es un excelente fijador de nitrógeno. Ricardo Russo reporta este tipo de asociación en ranchos ganaderos en Costa Rica desde hace unos 100 años y está estudiado que las vacas en potreros con ilites producen más leche que las vacas que pastan en pastizales sin este árbol (Budowski, 1983).

Realizamos propagación a partir de tres varetas por microestacas de morera y nacedero (Figura 5) y en un año teníamos 200 plantas.

Figura 5. Microestacas de morera.

Bancos de forraje de corte y acarreo

En un primer momento sembramos un banco de forraje de 1,000 m^2 con morera asociada con timbres (*Acacia angustisima)* para la alimentación de dos cabras lecheras estabuladas y un banco de forraje de 5,000 m^2 con morera para alimentar vacas lecheras (Figura 6).

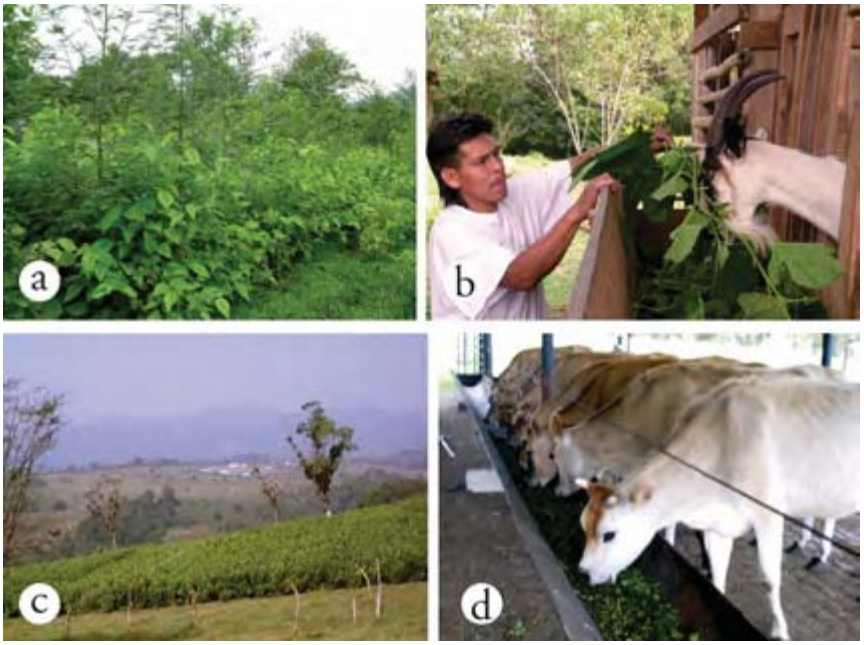

Figura 6. a) banco de forraje morera y acacia negra, b) cabras comiendo morera, c) banco de forraje morera kanva-2, d) novillonas comiendo morera.

En junio de 2002, el agrónomo zootecnista de Chapingo, Neón Larios, realiza una investigación en Las Cañadas para evaluar la producción de leche de vacas Jersey alimentadas con morera o con concentrado comercial para vacas lecheras; los resultados se pueden ver en la figura 7.

En general, estos bancos de forraje son una excelente alternativa para mejorar la producción de animales con altos requerimientos nutricionales, como becerros, vacas lecheras en producción, cabras y borregos. Son muchas las especies que se pueden usar para este tipo de bancos forrajeros en zonas de bosque de niebla, aquí algunos ejemplos:

- Sauco amarillo o tilo (*Sambucus peruviana*), soporta heladas.
- Morera (*Morus alba*), soporta heladas, pero crece muy lento en la época fría.
- Gigantón (*Tithonia diversifolia*), no soporta muy bien las heladas.
- Nacedero (*Trichanthera gigantea*), para zonas menos frías, no soporta heladas.

El arreglo común de siembra es dejar un metro entre hileras y 50 centímetros entre plantas, aunque el nacedero se siembra a 1 x 1 metro. Después de sembrado el banco forrajero es importante dejar que la planta se desarrolle durante un año para que su sistema radicular se fortalezca. Al realizar la cosecha se recomienda hacer una poda muy limpia, con machete hacia arriba, o mejor con tijeras de podar, haciendo el corte a unos 50 cm del suelo.

Al animal se le puede ofrecer el forraje picado, no con picadora de caña, sino de cuchillas que corten como machete, ya que no debe desgarrarse la forrajera ya que algunas especies sueltan una sustancia que no les gusta a los animales. Si se ofrece picado, la calidad nutritiva disminuye ya que los tallos son menos nutri-

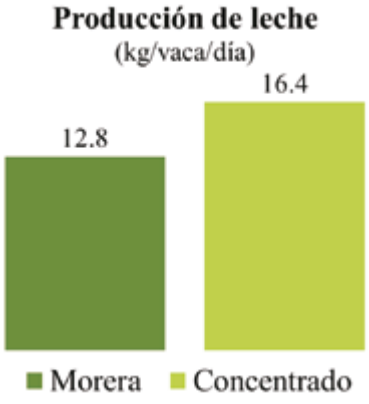

Figura 7. Producción de leche de vacas Jersey alimentadas con morera y concentrado.

tivos que las hojas. También pueden ofrecerse las ramas, para que los animales seleccionen solo las hojas más nutritivas, esto depende de la cantidad de animales y la facilidad de disponer de comederos para forrajeras con todo y tallo, sin picar.

En general estas especies son muy nutritivas, pero no son fijadoras de nitrógeno, por lo que los nutrientes que requieren deben estar en el suelo, así que es necesario que el productor asuma que estos bancos de forraje no van a crecer bien si el suelo no es fertilizado constantemente. Es común ver plantaciones con hojas amarillentas que no producen lo esperado por no tener un suelo bien manejado. Por lo anterior, es muy deseable que estas plantas se siembren asociadas con otras plantas fijadoras de nitrógeno ya sea arbustivas o arbóreas (Cuadro 1).

Cuadro 1. *Plantas fijadoras de nitrógeno para bancos de forraje.*

Especie	Tipo	Observaciones
Flemingia (*Flemingia macrophylla*)	Arbustiva	La que mejor nos ha funcionado en estas zonas.
Ilite (*Alnus acuminata*)	Arbórea	Manejado con el tronco podado a ¾ partes para no sombrear mucho a la forrajera.
Timbre (*Acacia angustisima*)	Arbórea	Se puede manejar con podas laterales, como el ilite, o cortándolo totalmente hasta 1.2 metros de altura, cuando comience a sombrear demasiado a la forrajera.

En 2005 realizamos análisis bromatológicos de varias de las plantas que teníamos en Las Cañadas, los resultados se pueden ver en el Cuadro 2.

Cuadro 2. *Análisis bromatológico de plantas forrajeras usadas en Las Cañadas, octubre de 2005.*

Determinación	Morera	Gigantón	Nacedero	Consuelda	Pie junto	Pasto estrella
Humedad (%)	76.2	86.0	80.7	90.8	81.7	76.7
Cenizas (%)	3.5	1.9	3.4	1.9	2.5	2.5
Proteína (%)	18.9	26.9	14.4	19.3	20.5	10.3
Grasas (%)	3.5	3.2	2.4	1.6	3.0	3.1
Fibra (%)	10.5	11.2	15.2	13.9	12.0	28.2
Carbohidratos (%)	63.6	56.8	64.6	63.3	62.0	55.9
Energía (Kcal/100 g)	362.0	363.8	337.3	344.9	357.5	292.2

La forrajera que más se destaca en la tabla anterior, por su elevado contenido de proteína, es el gigantón (*Tithonia diversifolia*), una planta nativa de México con 26.9% de proteína. Cuando se siembra en un banco forrajero tiene mucho

Figura 8. a) banco de forraje de gigantón, b) corte del gigantón, c y d) picado

menos requerimientos nutritivos que la morera, pero tiene la desventaja de que no es tan palatable para las vacas como la morera; los animales requieren de un tiempo para acostumbrarse a ella –hay que comenzar a ofrecerla desde que son becerros–, en cambio, tiene una aceptación sorprendente con los borregos, que la comen ávidamente.

En 2003 ya contábamos con un banco de forraje de gigantón y al año siguiente el agrónomo Neón Larios, de Chapingo, realizó otra investigación para evaluar al gigantón como forraje para vacas lecheras y su capacidad para sustituir al concentrado comercial, pero por la baja palatabilidad mencionada, no tuvimos buenos resultados (Figura 8).

Limitantes de los bancos de forraje de corte y acarreo

Si en el lugar donde se sembrará el banco de forraje hay pasto estrella, será incosteable manejar el banco por la cantidad de mano de obra (con machete o con desmalezadora) que se requiere para controlar ese pasto. Esto sucede en el esquema de la producción agroecológica de Las Cañadas, donde no utilizamos ningún tipo de herbicida, pero si el productor está dispuesto a acabar con su suelo, a largo plazo, utilizando herbicidas, es posible manejar con éxito estos sistemas. Por esa razón, en Las Cañadas casi hemos dejado de usar esos bancos de forraje, la última oportunidad que les estamos dando (aún en evaluación) es cortar la forrajera a un metro de altura, en lugar de 50 cm como se recomienda, esto con la idea de darle mayor ventaja sobre el pasto estrella y de poder meter borregos una vez que los rebrotes estén fuera de su alcance, para que coman el pasto estrella y se debilite tanto por el consumo de los borregos, como por el efecto de la sombra de la forrajera. De cualquier forma, este sistema permite un

uso más intensivo de la tierra ya que se pueden tener más animales por hectárea que con el pastoreo, aunque se incrementa el costo de mano de obra.

Árboles dentro de los potreros

En verano del año 2000 sembramos en los potreros la primer hectárea con árboles, media hectárea se sembró con colorín (*Erythrina americana*) y otra media hectárea con ilite (*Alnus acuminata*), dejando un espacio de 10 x 8 metros entre árboles.

Tuvimos que sacar al ganado de estos potreros hasta que los árboles cumplieron dos años y quedaran fuera del alcance de las vacas. El colorín solo funcionó bien en las partes más planas y fértiles, no valió la pena sembrarlo, salvo como cerco vivo, en cambio el ilite es una de las especies más recomendadas para estas zonas.

El objetivo es que estos árboles cumplieran con dos funciones fundamentales en nuestro sistema ganadero:

- Reciclar nutrientes con su sistema radicular; bombear los minerales que fueron lixiviados o que se encuentran muy abajo, fuera del alcance de los pastos y con la caída de las hojas depositar sus nutrientes sobre el suelo para que estén disponibles para los pastos.
- Fijar nitrógeno; si hay más nitrógeno en el suelo los pastos tienen más proteína y las vacas van a producir más leche o carne.

Otra función importante, muy usada en los trópicos, es que estos árboles puedan ofrecer forraje a las vacas, pero a estas altitudes la *Leucaena* u otros árboles, tardan mucho en rebrotar después de ser consumidos por las vacas. Hemos probado con el timbre (*Acacia angustisima*) y con el gigantón (*Tithonia diversifolia*), pero aún no hemos tenido resultados satisfactorios.

En 2005, tuvimos un apoyo de Reforestamos México, A.C. y logramos cubrir la totalidad del área ganadera que teníamos en ese momento (30 ha) con un sistema silvopastoril. Sembramos árboles en hileras espaciadas cada 10 metros, con una separación entre árboles de 4 metros. La implementación de este sistema fue muy costosa, ya que no podíamos sacar a las vacas del área y tuvimos que poner dos hileras de cerco eléctrico al lado de cada hilera de árboles. Este cerco se quitó a los dos años, cuando el follaje de los árboles quedaba fuera del alcance de las vacas. Un par de hectáreas las sembramos con cinco especies nativas: ilite (*Alnus acuminata*), huizache (*Acacia pennatula*), guaje (*Leucaena diversifolia*), calliandra (*Calliandra* sp.) y colorín (*Erytrina americana*). Por la experiencia adquirida con estas especies solo recomendamos sembrar o promover el ilite y el huizache en esta zona (Cuadro 3, Figura 9).

Cuadro 3. *Recomendación de árboles para sembrar en los potreros en zonas de bosque de niebla.*

Especie	Espaciamiento entre árboles (sugerido)	Costo de establecimiento	Manejo recomendado
Ilite	10 x 10 m	Alto, porque hay que proteger los árboles por dos años o excluir a las vacas del potrero.	Realizar podas de ramas, dejando sólo una tercera parte de ramas en la parte alta, de esta forma el árbol casi no sombrea el potrero.
Huizache	10 x 10 m	Muy bajo, sólo hay que dar de comer las vainas a las vacas y estos árboles saldrán solos en el potrero.	Para evitar que se disperse demasiado hay que eliminar el exceso de nuevos árboles. Realizar podas periódicas para evitar la forma de sombrilla, que sombrea demasiado el pasto, manteniéndolo en forma de V y así obtener leña y postes de excelente calidad.
Timbre	5 x 10 m	Alto, porque hay que proteger los árboles por dos años o excluir a las vacas del potrero.	Se puede manejar como arbusto, ya que los animales lo forrajean y rebrota rápido; también se puede podar como el ilite.

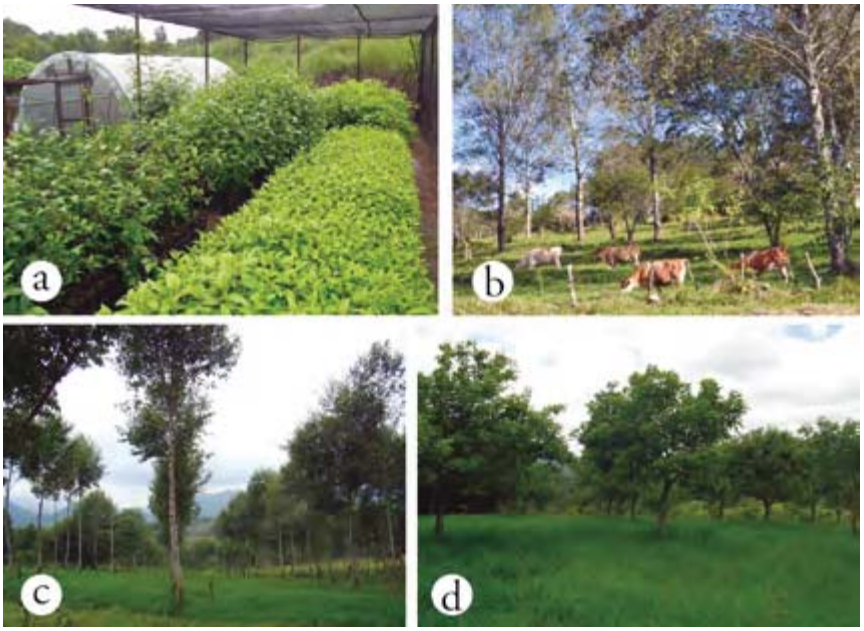

Figura 9. a) Producción de ilites en vivero, b) sistema silvopastoril y manejo del ganado mediante cerco eléctrico, c) hileras de árboles de ilite recién podados, d) potrero con árboles de colorín.

El resto de los potreros se sembraron con ilite ya que definitivamente fue la especie que mejor funcionó; otra especie que crece sola en la zona y está presente en casi todos los potreros de la región es el huizache (*Acacia pennatula*).

Arbustos dentro de los potreros

En 2004 sembramos gigantón dentro de los potreros, para que fuera consumido directamente por los becerros (Figura 10). Los animales no lo consumieron bien y por pastorearlo por periodos muy largos lo perdimos. Aunque no tuvimos éxito, debemos seguir intentándolo ya que hay experiencias exitosas de más de una década, en Colombia, con potreros sembrados con gigantón y vacas lecheras. Hemos probado con timbre (*Acacia angustisima*), manejado como arbusto, pero se requiere hacer investigaciones ya que se reporta que tiene un alto contenido de taninos, lo que en teoría complicaría la digestibilidad del resto de los forrajes.

Valiosas fuentes de información e inspiración

Para nuestro quehacer silvopastoril fue fundamental haber conocido a la gente del CIPAV (Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria) de Colombia, Fernando Uribe y Carlos Molina, ambos ganaderos e investigadores quienes nos transmitieron no solo valiosos conocimientos sobre este tema, sino una profunda pasión y amor por el campo y la empresa familiar. Considero que para acelerar el tránsito a una ganadería sostenible, el modelo del CIPAV debería de ser adaptado en nuestro país. Este centro de investigación trabaja en los ranchos respondiendo preguntas de los ganaderos, no como desafortunadamente pasa en nuestro país, donde los ganaderos estamos a expensas de lo que al investigador se le ocurra investigar.

Figura 10. Becerros en corredor con gigantón e ilites.

Transformación de la leche y comercialización de lácteos orgánicos

Buscando darle un valor agregado a la leche, en 2002 tomé un curso de elaboración de quesos y yogurt con el ingeniero lactólogo Guillermo Silva, en el Centro de Estudios de la Leche, A.C., en Tulancingo, Hidalgo. Animado con lo aprendido, monté un pequeño taller en el rancho para transformar la leche y logramos hacer diferentes tipos de productos de excelente calidad, debido principalmente a las características de la leche de las vacas de raza Jersey. Los productos estrella eran unos deliciosos quesos chihuahua y tipo manchego que desgraciadamente no pudimos vender como hubiéramos querido en Huatusco, debido a que la mayoría de la gente no podía pagarlo, por lo que tuvimos que buscar mercado en otras ciudades. Pusimos una tienda de productos orgánicos en Córdoba, pero en ese tiempo (2002) había menor conciencia que ahora respecto a la alimentación sana y un par de años después decidimos cerrarla. En 2003, en el Distrito Federal comenzaba a operar la cadena de tiendas de productos orgánicos The Green Corner (Figura 11), con ellos logramos colocar 90% de nuestra producción de quesos y yogurt; venían por el producto cada semana y nos pagaban puntualmente cada mes. Rentamos un local en Huatusco para expandir el taller de lácteos y teníamos a tres personas elaborando los productos ahí. También decidimos cerrar la lechería de Huatusco, después de siete años de buenas ventas de leche al público local, ya que no podríamos surtir los dos mercados, había que escoger entre el local y el nacional, creo que equivocadamente nos decidimos por el nacional.

2006. El año del "gran cambio social" en Las Cañadas

En marzo de 2006, junto con mi esposa Tania y después de haber trabajado 13 años como patrones, tomamos la decisión de formar una cooperativa con todos los trabajadores del rancho. Al igual que cuando vendimos todo el ganado de carne en 1995 y después de haber logrado la restauración ecológica del predio, comenzábamos otra aventura por mucho bastante más difícil. Ponerte a sembrar muchos árboles y dejar que la naturaleza haga buena parte del trabajo no requiere más que un poco de disposición y unos cuantos pesos, pero romper con nuestros esquemas mentales acerca de cómo debe ser el desarrollo, la empresa, la distribución del ingreso, la equidad social, etc., es un tremendo trabajo que nos tiene muy ocupados hasta la fecha.

Figura 11. a y b) producción de quesos, c) quesos y productos lácteos producidos, d) camioneta de distribución The Green Corner.

Ahora, la máxima autoridad en nuestra empresa cooperativa es la Asamblea de Socios (Figura 12). Las decisiones se toman por mayoría de votos: un socio un voto. Nos organizamos por módulos, contamos con módulos de producción, de transformación y de servicios. Uno de los pendientes más importantes que tenemos que resolver y pronto, es buscar una alternativa a la propiedad privada, ya que en nuestra experiencia de vida la vemos como un lastre para este tipo de proyectos, por lo que estamos buscando una forma de tenencia colectiva de la tierra que no se pueda subdividir.

2007-2017. El año del "adiós a la venta de productos orgánicos elitistas": segundo rediseño del área de ganadería

Aunque aparentemente teníamos todo resuelto, producíamos leche sin uso de agrotóxicos, hacíamos productos lácteos sin aditivos químicos y contábamos con una clientela en la Ciudad de México (CDMX), con alto poder adquisitivo que compraba nuestra producción, había tres aspectos que nos tenían muy inquietos.

Figura 12. Cooperativa de socios.

La agricultura y la ganadería como actividades mineras

Cada vez que se cosecha algo de un sistema agrícola o ganadero se están extrayendo nutrientes para mantener el sistema productivo, pero se deben regresar los minerales extraídos. Las culturas preindustriales que lograron mantenerse por siglos lo comprendieron y devolvían al suelo tanto las excretas humanas como los desperdicios agrícolas de las ciudades al campo. A partir de que se generalizó el uso de fertilizantes químicos ya no se reciclan los nutrientes y solo ponemos fertilizantes que reponen algunos de los minerales extraídos. En la actualidad, la agricultura orgánica hace lo mismo, solo que con minerales orgánicos (que no han pasado por un proceso químico para solubilizar los minerales). En ambos casos dependemos de las minas, de donde se extraen los minerales, para seguir produciendo comida que eventualmente va a parar a las personas y de ellas al drenaje moderno para, al final, perder los nutrientes que van a los ríos y al mar, donde ocasionan serios problemas. En resumen, no hay ciclos de nutrientes, solo un flujo continuo de la mina al mar que no podrá mantenerse indefinidamente. En Las Cañadas, buscando ciclos cerrados de nutrientes pensamos que sería deseable reorganizar nuestro sistema como rancho en general, de manera que no exportáramos nutrientes.

En este mundo come el que tiene dinero y come sano y orgánico el que tiene más dinero

Por la educación que recibí y por como fui formado por mi familia y sociedad, al principio no cuestioné el asunto de que, al ser el patrón, el dueño, tenía todo el derecho de quedarme con la mayor cantidad de ingresos del sistema y que no estaba mal tener trabajadores que produjeran leche y productos lácteos que fueran consumidos única y exclusivamente por mi esposa, mi hija y por mí. Que para mantener rentable el negocio la producción se tenía que vender a un sector de la población del país capaz de alimentarse sanamente por su posición económica, el resto de la población debía conformarse con chatarra industrial barata, tomar leche que no es leche y comer queso que no es queso. Mi cuestionamiento era más profundo, porque se suponía que yo estaba del lado de los buenos, de los ecologistas, de los sustentables, de los orgánicos, pero en realidad solo estábamos replicando el esquema empresarial. Lo mismo ocurre con los productores orgánicos de café de la región, uno se pregunta: ¿ellos comen tortillas orgánicas y vegetales orgánicos? o ¿sólo son un instrumento del mercado para que coma saludablemente el que puede pagarlo?

Rentabilidad cercana al punto de equilibrio

Después de cuatro años de vender productos orgánicos a CDMX, nuestros números indicaban que nos manteníamos en punto de equilibrio económico, mientras dedicábamos las 30 mejores hectáreas de Las Cañadas a alimentar sanamente a otros y no a aquellos que hacen posible este proyecto y a sus familias. Exportábamos los nutrientes de nuestra tierra que iban a parar al drenaje de la CDMX. **¿Todo** para salir "tablas" económicamente?

Pero así son las reglas del juego, hay que producir más barato a costa de lo que sea, buscar el "nicho de mercado" y soñar con que las cosas mejorarán para la mayoría algún día. Uno debe decidir si quiere jugar ese juego o reorganizarse como sociedad o al menos como cooperativa.

Alto a la venta de productos orgánicos

Con estos tres temas anteriores metidos en la cabeza y gracias a la comprensión más profunda de una "herramienta de diseño de sistemas humanos sostenibles" llamada permacultura, en diciembre de 2007 cerramos el taller de lácteos que teníamos montado en la ciudad de Huatusco y dejamos de vender lácteos orgánicos al mercado nacional. En esa misma fecha también decidimos dejar de recibir ecoturistas al rancho y enfocarnos en ofrecer cursos de capacitación, con gente que está inquieta, buscando alternativas para reorganizar nuestra sociedad. En un mes dejamos de tener los principales "negocios" que mantenían al rancho.

Afortunadamente, 11 años después puedo decir que nuestro proyecto es más rentable económicamente ahora que en 2007. No estamos peleados con producir y vender productos orgánicos o con promover el ecoturismo, solo nos arriesgamos a buscar soluciones radica-

les (que van a la raíz) para nuestros problemas sociales, económicos y ecológicos, a ir más allá de lo que la famosa sustentabilidad nos propone.

Soberanía alimentaria

Algo importante de mencionar es que sólo nos retiramos del mercado, pero no dejamos de producir, nunca lo haríamos. Rediseñamos nuestro módulo ganadero, calculando cuánta área necesitaríamos para producir leche, queso, yogurt y crema para nosotros y para los participantes de nuestros cursos. Después de este cálculo, redujimos el número de vacas y pudimos hacer cosas que antes no podíamos, porque el negocio "no nos dejaba", como quitar totalmente los 3 kg de concentrado comercial, aunque la producción bajara. Seguimos intentando mejorar el sistema y la nutrición de las vacas, por el momento todavía estamos ofreciendo 1 kg de maíz/vaca/día, mismo que debemos eliminar en el futuro.

Cada uno de los 24 socios de la cooperativa recibe a la semana: 5 litros de leche, 1 litro de yogurt y 1 kilo de queso. Todos los borregos de nuestro sistema silvopastoril macadamia-borregos y parte de los becerros del módulo de vacas lecheras, se consumen en las reuniones y fiestas de los socios de la cooperativa.

Manejo de la fertilidad del suelo

A partir de 2008 comenzamos con un enfoque diferente respecto a la fertilidad del suelo, en lugar de solo agregar fertilizantes de acuerdo con recomendaciones generales, intentamos saber qué minerales le faltan específicamente a los suelos de nuestros potreros y entonces se los adicionamos en forma de enmiendas minerales orgánicas.

El esquema de la figura 13 ilustra la ruta que seguimos. Primero hacemos un análisis químico del suelo, después ese análisis es interpretado por un especialista que nos envía las recomendaciones para mejorar el suelo. Los aspectos a considerar son lo que llamamos las tres emes: minerales, materia orgánica y microorganismos; usamos diferentes estrategias para enmendar nuestro suelo en estos tres aspectos y poder llevarlo a un estado de suelo balanceado o ideal

Figura 13. Ruta de manejo de la fertilidad del suelo.

(esto toma años). El tercer paso es que calculamos la extracción de nutrientes que hacemos con la leche y carne producida e intentamos regresar estos nutrientes ya sea con abonos orgánicos o con el aporte de nitrógeno que hacen los árboles y otras plantas fijadoras de nitrógeno que tenemos en los sistemas silvopastoriles.

Ganado lechero de raza Jersey

Desde que comenzamos a producir leche fue con ganado Jersey, que produce una leche inigualable cuando vas a transformarla en otros productos lácteos, también es una raza muy adaptada a la zona y es raro que se enferme. La desventaja es que los becerros tardan mucho en engordar y el color de la carne no les gusta a los carniceros de la zona. Por un tiempo, buscando mayor rusticidad, inseminamos a nuestras vacas con semen de ganado criollo lechero tropical; sin embargo, con el tiempo nos arrepentimos, la cruza resultante no produce más leche ni está más adaptado a las condiciones del clima presente en el área; además, las vacas ¾

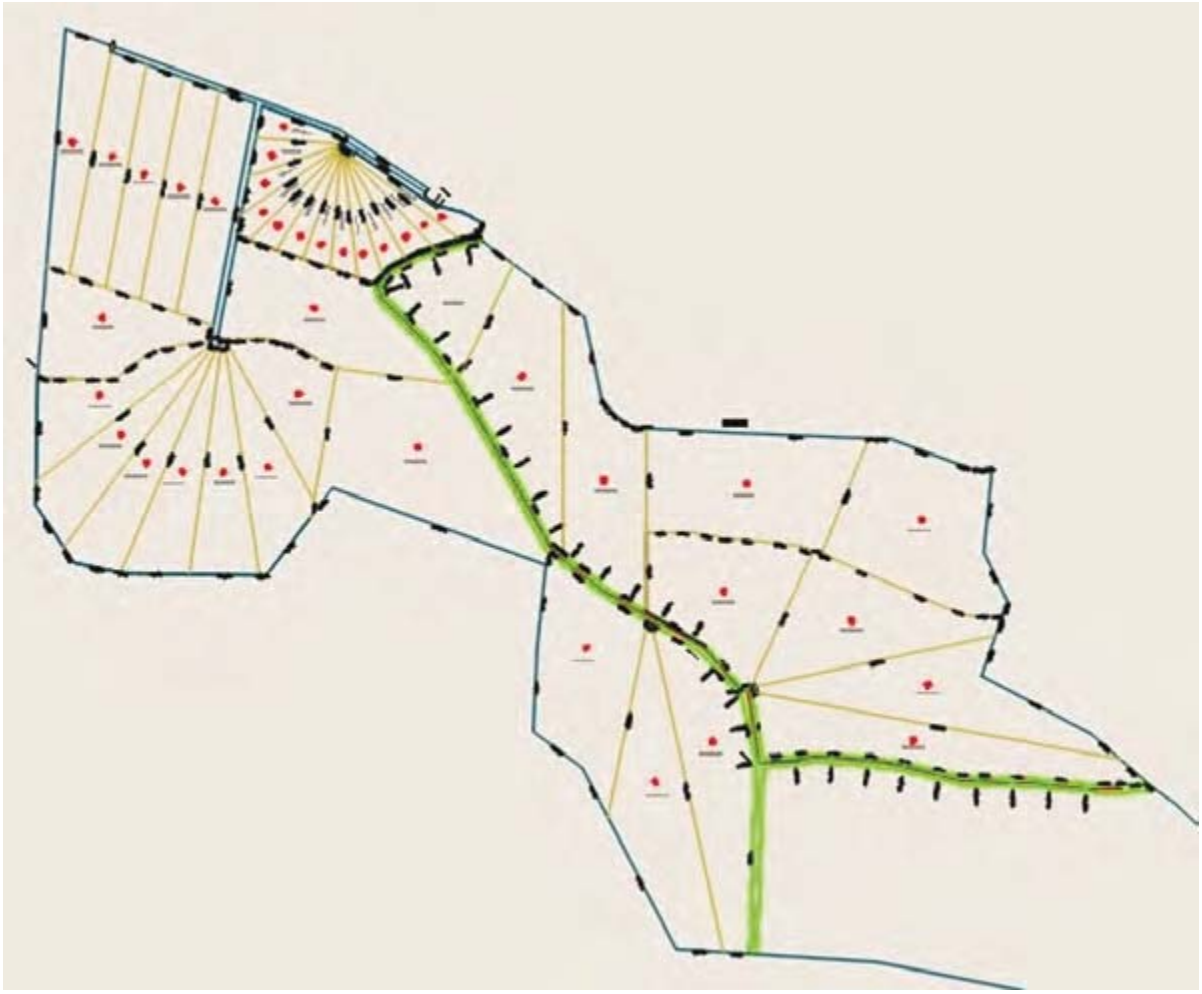

Figura 14. Segundo rediseño en Las Cañadas. Área de ganadería.

Criollo-Jersey, comenzaban a necesitar a los becerros para bajar la leche en el ordeño. Vamos de regreso a Jersey. Desde hace un par de años solo inseminamos nuevamente con semen de toros Jersey.

Segundo rediseño del área de ganadería

En 2010 y teniendo en cuenta que al retirarnos del mercado ya no requeriríamos de tantas vacas, rediseñamos toda el área ganadera (Figura 14), cambiamos la disposición y el área de los potreros, ajustamos el trazo de los caminos para lograr que no tuvieran más de un 10% de pendiente y así evitar la erosión del suelo. Volvimos a intensificar la densidad de pastoreo y redujimos a tres días el periodo de permanencia en cada potrero, estableciendo subdivisiones con el cerco eléctrico móvil para que estuvieran en una subdivisión por día. Aunque hicimos todo eso no tuvimos los conocimientos suficientes ni la experiencia con el PRV (Pastoreo Racional Voison), para hacer un diseño que lograra una "carga instantánea" de al menos 200 UGM/ha. Por esta razón y a ocho años de hacer estos cambios en los potreros y con un sistema silvopastoril totalmente establecido y maduro, podemos afirmar que no se logran las ventajas de un Pastoreo Racional Intensivo, si no se cumple con todas sus leyes.

Silvopastoreo con borregos

Hemos probado con éxito la siembra de timbre (*Acacia angustisima*) en potreros con borregos ya sea dejando los timbres como árboles o manejados como arbustos para que los forrajee libremente el ganado. También logramos un potrero con borregos, donde estuvimos cerca del ideal para este clima, que es una combinación de pasto, un árbol alto que fija nitrógeno y se poda lateralmente, más líneas de arbustos con alto contenido de proteína. En nuestro caso, el pasto es el estrella, el árbol es el ilite y el arbusto es el gigantón (Figura 15), que funcionó

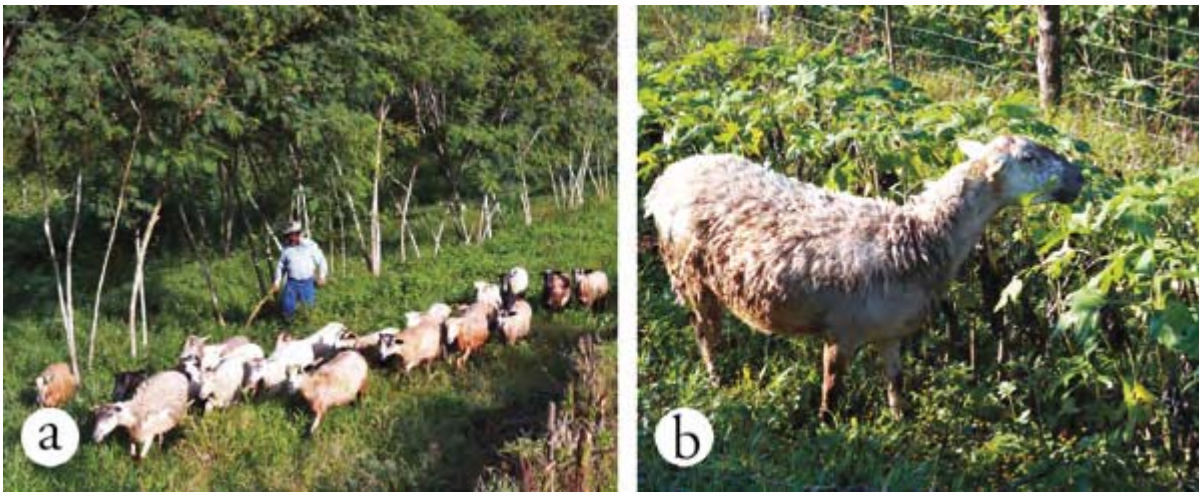

Figura 15. a) Silvopastoreo con pasto estrella y árbol de timbre para borregos, b) silvopastoreo con gigantón e ilites para borregos.

bien por dos años, después el gigantón se perdió, seguramente porque los periodos de permanencia de los borregos en el potrero eran de una semana y tal vez fue demasiado tiempo para que la forrajera lo soportara.

En el caso de los borregos, en este tipo de áreas de bosque de niebla, en donde muy probablemente ocupan lugares más marginales que las vacas lecheras, no estamos buscando lograr establecer sistemas que cumplan con las leyes del PRV ya que resultaría muy complicado y costoso de implementar. Creo que sería suficiente subdividir el terreno lo más posible y ocupar los borregos como "chapeadores" de plantaciones de frutales u otros árboles como la macadamia.

Capacitación y formación en PRV

En 2011 ofrecimos el primer curso de Ganadería Sostenible, con enfoque en el Pastoreo Racional Intensivo, el instructor de este curso fue el doctor Eduardo

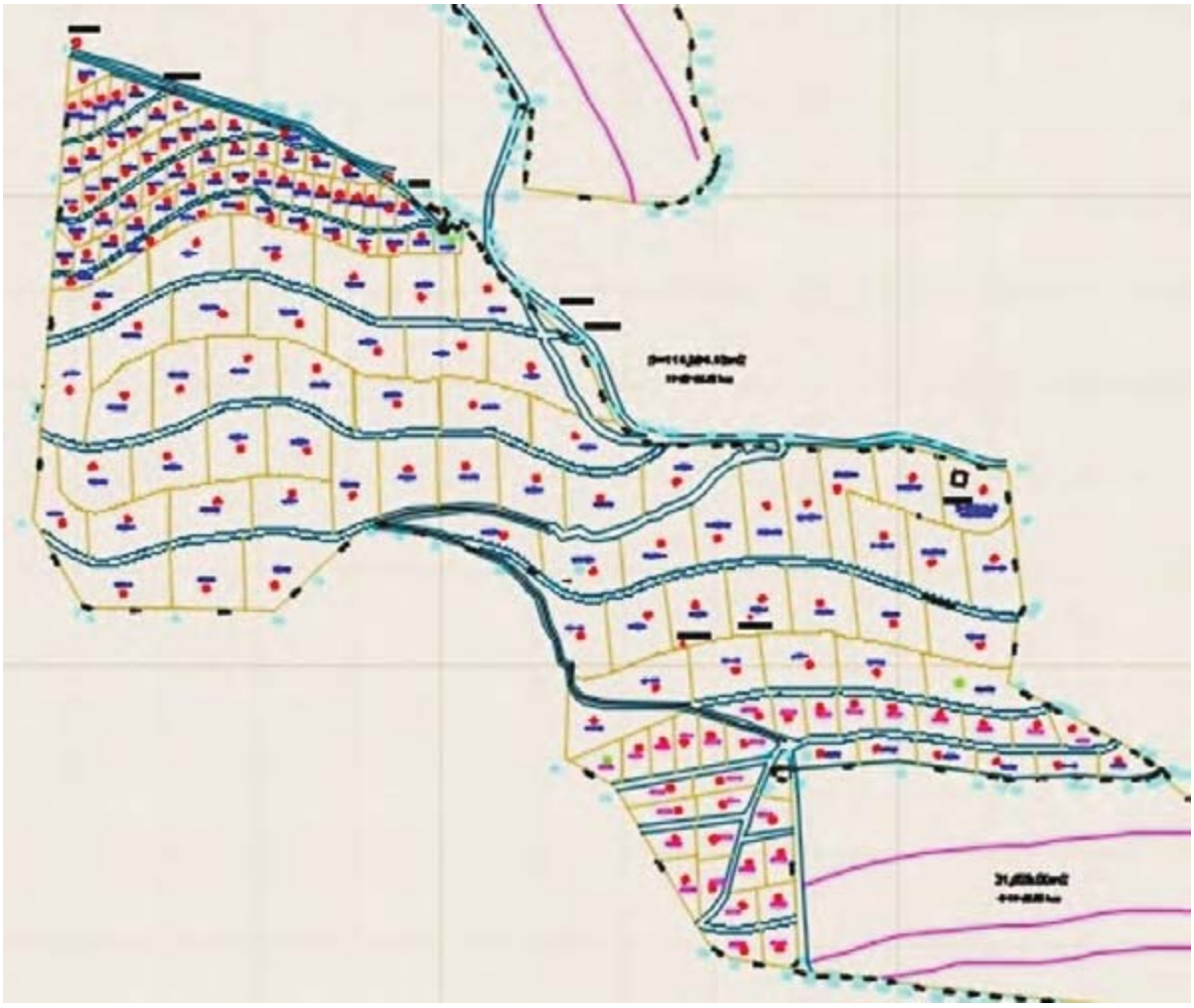

Figura 16. Tercer rediseño de Las Cañadas. Área de ganadería.

Canudas Lara, con quien hemos trabajado de cerca en el tercer rediseño (y esperamos final) de nuestra área de ganadería, para poder cumplir con el tan soñado dueto SPRV (Silvopastoreo Racional Voisin). Ya tomamos el curso de PRV con Daniel Suárez en 2016 en el rancho La Luna y el curso avanzado de Pastoreo Racional Voisin con Luiz Carlos Pinheiro Machado ya estamos listos para diseñar, implementar, manejar y promover un modelo de SPRV para zonas de bosque de niebla.

2018-futuro. Tercer rediseño del área de ganadería: hacia un SPRV (Silvopastoreo Racional Voisin)

Después de este recorrido en el tiempo a lo largo de nuestro quehacer con la ganadería en Las Cañadas, contamos con:

- 11.3 ha de potreros, donde producimos leche y carne orgánicas con ganado de raza Jersey.
- 4 ha de silvopastoreo de borregos en una plantación de macadamia.
- 8 ha de silvopastoreo de animales para tiro (yuntas y caballos) en parte de una plantación forestal.
- Un pequeño taller de lácteos que funciona exclusivamente con la leña que producimos (usando estufas muy eficientes), donde elaboramos queso chihuahua, queso fresco, queso panela, crema yogurt y mantequilla.
- Ya tenemos listo el diseño de las 11.3 ha de vacas lecheras para lograr un SPRV con ilites en el dosel y forrajeras en la parte baja dentro de los potreros; en la figura 16 se puede ver el plano de este rediseño, que incluye un cambio total del cerco eléctrico, los caminos y las líneas de agua. Estamos en la búsqueda de los recursos para hacerlo realidad.

Recomendaciones de Las Cañadas para mejorar la ganadería en zonas de bosque de niebla

Diagnóstico de la finca

Zonificar el predio con base en las pendientes, escoger las pendientes menores a 30%, en donde se podrán manejar animales en pastoreo; en las pendientes mayores no debe haber animales en pastoreo, ahí recomendamos establecer bancos de forraje de corte y acarreo.

Manejo de la fertilidad del suelo

En todos los casos, comenzar haciendo un análisis de suelos en un buen laboratorio (p. e., laboratorios AL en Guadalajara), posteriormente solicitar que alguien experto (p. e., www.suelosaludable.com) haga las recomendaciones para realizar las enmiendas necesarias ya sea usando minerales, microbiales o con materia orgánica. Hay muchas estrategias para hacer estas enmiendas. Repetir estos análisis y enmiendas cada que sea posible (cada año o cada dos años), hasta que se logre tener un suelo ideal, bien balanceado en macro y micronutrientes, en materia orgánica y en microorganismos.

Hacer un cálculo de la extracción anual de nutrientes del sistema por la leche y carne producidas, este será nuestro "presupuesto anual de nutrientes" y, finalmente, calcular el tipo y cantidad de abonos orgánicos que debemos aplicar anualmente a los potreros para devolverle al suelo lo que extrajimos de él y así poder mantener la productividad del sistema a largo plazo.

Debe capacitarse a los productores en: *a)* elaboración de compostas con los estiércoles animales y otros productos, que se pueden producir en la misma finca ya que no es deseable utilizar el estiércol sin compostear; *b)* usar supermagro, fertilizante foliar hecho a base de estiércol de vaca, para fertilizar los bancos de forraje; *c)* adicionar microorganismos de montaña, para incorporar la microbiología del bosque de niebla en los suelos ganaderos; *d)* no usar ivermectinas y reintroducir a los escarabajos estercoleros si no están presentes.

Pastos y leguminosas rastreras

Si ya hay pasto estrella, poco se puede hacer para introducir otros pastos, vale la pena manejarlo adecuadamente y funcionará bien. Ya se sabe que tiene más proteína en estos climas que en el trópico, así que solo hay que pastorearlo en su punto ideal, con la carga animal adecuada y darle su periodo óptimo de descanso.

Si se va a introducir algún pasto, porque solo se cuenta con gramas nativas, habría que sembrar tanzania (*Megathyrsus maximus*). El trébol blanco, variedad ladino, funciona mejor que otros tréboles y mucho

mejor que el cacahuate forrajero (*Arachis pintoi*), recomendamos darlo de comer a las vacas en otoño y ellas mismas lo sembrarán. También hay que echar mano de las leguminosas nativas rastreras que crecen dentro del bosque de niebla, esto último sería un buen tema de tesis para los investigadores.

Silvopastoreo Racional Voisin (SPRV)

Es necesario capacitarse en el SPRV y que el vaquero realice una pasantía en un rancho bien establecido con este sistema, aunque sea en otro clima.

Hacer el diseño para un PRV (caminos, divisiones, línea de agua, etc.) que incluya el elemento de silvopastoreo ya sea de baja o de alta densidad arbórea. Consideramos un error manejar estos dos conceptos separados, es decir, en estos climas no es deseable tener potreros sin árboles y por otro lado no sirve de mucho, como nuestra experiencia lo demuestra, tener el componente arbóreo si no se tiene un Pastoreo Racional Intensivo.

El diseño del SPRV debe contemplar cargas instantáneas iguales o mayores a 200 UGM/ha.

Silvopastoreo de baja densidad. Sembrar ilites y/o huizaches a 10 x 10 metros (100 árboles/ha) y manejarlos con podas; en el caso del ilite con podas en las ramas laterales, dejando 1/3 de las ramas en la parte alta y en el caso del huizache podarlo para darle forma de V. Las líneas de los árboles deben quedar equidistantes, copiando una curva a nivel o a desnivel, según sea mejor en cada caso.

Silvopastoreo de alta densidad. Con el mismo componente arbóreo y espaciamiento del silvopastoreo de baja densidad, adicionar líneas de arbustos para ramoneo; en estas zonas se debe sembrar gigantón (*Tithonia diversifolia*), sauco amarillo (*Sambucus peruviana*) o timbre (*Acacia angustísima*), estos arbustos se siembran a una distancia de 3 metros entre hileras y a 66 cm entre plantas (5,000 arbustos/ha; Figura 17).

Bancos de forraje de corte y acarreo. Se recomiendan solo en lugares donde no exista pasto estrella u otro parecido. Las especies arbustivas que recomendamos son morera y gigantón y donde no haya heladas nacedero. De preferencia estos bancos deben estar asociados a especies fijadoras de nitrógeno como flemingias o ilites, pero también se debe contar con una excelente fertilización orgánica con composta y supermagro.

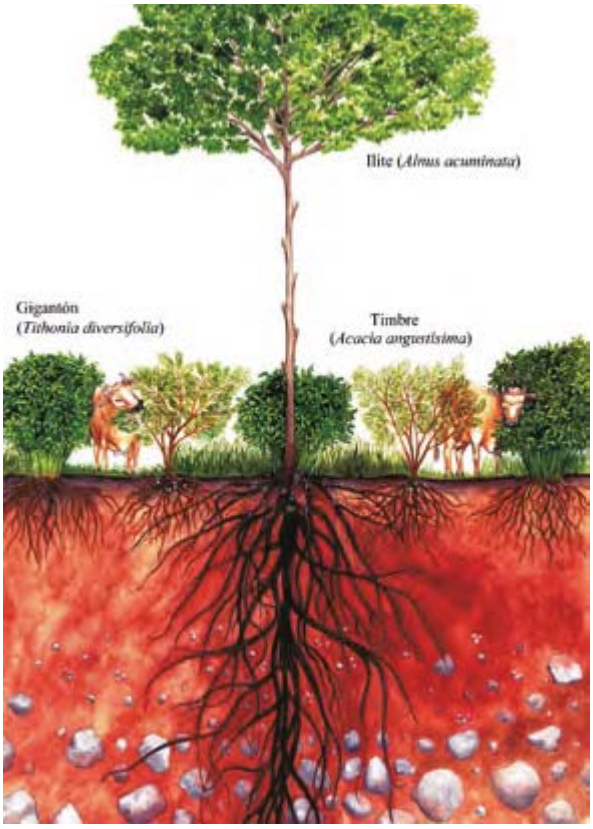

Figura 17. Esquema de silvopastoreo de alta densidad y elementos utilizados.

Cercos vivos. Sembrarlos siempre que sea posible, utilizando especies como colorín, palo mulato o sauco.

Raza e ganado. Por la limitada cantidad de terrenos con pendientes menores a 30%, nos inclinamos a utilizar las áreas semiplanas, para una producción intensiva como la producción de leche. Como en esta zona de bosque de niebla no se tienen las complicaciones climáticas y de enfermedades de las zonas tropicales, se puede contar con una gran variedad de razas de doble propósito (p. e., suizo americano) o especializadas en leche (p. e., Holstein y Jersey). Pero ¿cuál es la raza ideal?, dependerá de los objetivos del productor y del mercado que tenga para los becerros; por ejemplo, en esta zona a los carniceros no les gusta la carne de los becerros y novillos de raza Jersey.

Salud animal. Los ganaderos requerimos de un acompañamiento con los investigadores, para resolver problemas como la desparasitación de los animales y el control de la mosca con productos menos tóxicos o caros. Y poder sustituir al máximo los antibióticos con productos homeopáticos o de etnoveterinaria es importante.

Soberanía alimentaria local. Debemos no solo pensar en producir leche y carne de manera sustentable y rentable, para surtir una demanda nacional o internacional, también es urgente que comencemos a hacer análisis de la producción y abasto de alimentos (de todo tipo) a nivel comunitario, municipal y regional, para enfocar esfuerzos tomando en cuenta el resultado de este análisis. El futuro nos tomará algún día con toneladas de café y de caña de azúcar que no alimentarán a la población local.

Desarrollo de economías locales y mercadotecnia. Es muy difícil, si no imposible, poner a competir a pequeños ganaderos, de pequeñas áreas semiplanas de zonas de bosque de niebla, con las grandes empresas con economías de escala. Debemos desarrollar el mercado local reposicionando los productos ganaderos que son producidos en sistemas silvopastoriles, que secuestran más carbono que la mayoría de los sistemas agrícolas (Toensmeier, 2016). Debemos convencer al público que las vacas no son una de las causas del cambio climático, por el contrario, con los sistemas adecuados pueden ayudarnos a mitigarlo. Requerimos una mejor y menos politizada organización de los ganaderos, para que podamos integrarnos en cadenas de valor, como circuitos de ecoturismo, restaurantes que consumen y promueven lo local, generar identidad de los productos provenientes de una ganadería sustentable, etcétera.

Administración y rentabilidad del rancho. Definitivamente es necesaria una estrategia que permita al productor poder conocer la productividad de su rancho para mejorar la toma de decisiones, pero también a nivel regional deberemos buscar una forma de evaluar y comparar los esfuerzos e inversiones que se realicen en el sector.

¿Masificación de la ganadería sustentable en zonas de bosque de niebla? En el discurso suena muy bien que vamos a impactar a miles de hectáreas con miles de cabezas de ganado; entiendo que eso ayuda a conseguir financiamiento, pero también enfoca los apoyos en los grandes ganaderos. Recordemos que no estamos en Chihuahua o Sonora, si hablamos de regiones de bosque de niebla debemos pensar en pequeños productores con pocas hectáreas. Debemos pensar también en una diversificación de la producción, en un mosaico de productores de leche, carne, café, caña, maíz, hortalizas, frutales, madera, leña; todo interrelacionado con islas interconectadas de bosque de niebla, creo que en eso debemos de soñar y ponernos a trabajar en el diseño de un paisaje de tal belleza que detonaría muchos otros beneficios.

Educación desde la infancia. Debemos influir en los planes de estudio de las escuelas desde nivel preescolar, para incorporar las ideas de una ganadería sustentable en niños y jóvenes, buscando que comprendan y se involucren en un cambio regional; de lo contrario, en unos 15 años los viejos ganaderos venderán sus tierras, como ya lo están haciendo en nuestra zona.

Más información: www.bosquedeniebla.com.mx,
correo: bosquedeniebla44@gmail.com.

Referencias

Boschini, C. 2003. Sustitución de alimento concentrado, con morera fresca (*Morus alba*), en la dieta de vacas lecheras. Pp. 185-192. *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 14, núm. 002, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica.

Budowski, G. 1983. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. Pp. 43-62. En: Huxley, P.A. (Ed.). *Plant research in agroforestry*. Nairobi, Kenya, ICRAF.

Bustamante, A. 1997. Conceptos básicos sobre producción de hoja de morera y alimentación del gusano de seda. En: *Memorias. Ministerio de Agricultura, Fedecafé*. Federación Nacional de Cafeteros, Bogotá, Colombia.

Purata, S.E. 1999. Economic potential of the Huizache, *Acacia pennatula* (Mimosoideae) in Central Veracruz, Mexico. *Economic Botany,* 53(1):15-29.

Toensmeier, E. 2016. *The carbon farming solution: a global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security.* Chelsea Green Publishing, EUA.

Ganadería sustentable:
SENDAS, A.C. PROMOVIENDO UN ENFOQUE DE MANEJO DE CUENCA INTEGRAL Y COMPARTIDO

Udavi Cruz-Márquez, Tajín Fuentes-Pangtay

El manejo integral de cuenca, eje básico por el cual se rige nuestro trabajo de investigación-acción, busca cuidar de los territorios definidos por los escurrimientos hidrográficos y también por las relaciones y procesos sociales que en estos ocurren, a fin de que puedan seguir proveyendo, ahora y a futuro, a toda la población local y de la región, con agua, regulación del clima, amortiguamiento de los efectos de tormentas y huracanes, productos agropecuarios y proteger la diversidad de plantas y animales que hay en la región.

Cada vez es más evidente que necesitamos conservar y restaurar el entorno natural, así como reorientar las actividades productivas y de aprovechamiento hacia formas que convivan mejor con la naturaleza y no la destruyan. Para lograr esto consideramos que son indispensables dos ingredientes: que la gente que vive en las cuencas –del campo y de la ciudad– se involucre y participe activamente en la toma de decisiones, además de que el cuidado de la cuenca vaya de la mano del mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de la población en general.

Los elementos clave en el manejo integral de las cuencas son: la conservación de los bosques, la organización social para la conservación y la participación ciudadana en la política pública, investigación y generación de instrumentos que orienten el manejo de los sistemas productivos de alimentos. Para que estos sistemas puedan contribuir a la conservación de los servicios ambientales es necesario que estén en armonía con los procesos ecológicos y socioculturales, los cuales permitan la coexistencia de espacios para la flora y fauna nativas, a la vez que se cuiden los suelos y el agua.

Los sistemas productivos agropecuarios son los espacios donde se producen alimentos y otros bienes materiales, también comprenden diversas prácticas, conocimientos, uso de germoplasma, herramientas, ciclos y cosmovisiones. El tipo de prácticas define el tiempo y los alcances de la producción, pero también de manera importante determinan la extensión, intensidad e impacto sobre el entorno natural y además la rentabilidad del sistema.

El sistema productivo más relevante para la transformación del paisaje en México es la ganadería, ya que ocupa 110 millones de hectáreas que representan 56% del territorio nacional y ha sustituido 44% de los bosques nativos (SAGARPA, 2004), con una tasa de crecimiento de 4.07% anual (Velázquez *et al*., 2001). En Veracruz, los pastizales inducidos son por mucho el uso del suelo más extendido, con 51% del territorio estatal dedicado a esta actividad (CONABIO, 2013).

Fue por Veracruz donde en 1527 arribaron, provenientes de Cuba, las primeras cabezas de res a lo que ahora conocemos como México (Doolittle, 1987). Desde entonces no ha parado la apertura de espacios para los pastizales, en su mayoría en las zonas tropicales, pero también en las zonas montañosas, llevando esta práctica hasta las laderas más escarpadas. La ganadería se ha arraigado fuertemente a la cultura local, pero las prácticas inadecuadas generan serios daños al funcionamiento hidrológico (Paré y Gerez, 2012), disminución del abasto de agua, pérdida de la fertilidad en los suelos y, por lo tanto, de la rentabilidad de los sistemas productivos.

La ganadería bovina veracruzana tiene el hato más grande del país, además ocupa a nivel nacional el quinto lugar en producción de leche y el primero en carne. La mayor parte de la actividad se desarrolla en las zonas tropicales dedicadas a ganado de doble propósito (carne y leche) y en menor medida en las zonas de montaña, donde predomina la ganadería lechera. Sin embargo, se estima que 60% de la superficie dedicada al pastoreo presenta distintos tipos de erosión, siendo la química (disminución de los elementos minerales y materia orgánica) y la física las más importantes por superficie afectada (SAGARPA, 2004).

La región montañosa del centro de Veracruz no es la excepción al modelo de ganadería extensiva que impera en el estado, pero la particularidad de esta región es que se ubica junto a un ecosistema muy importante por su riqueza y fragilidad: el bosque mesófilo de montaña (= BMM). Estos bosques brindan una gama amplia de servicios ecosistémicos, entre los que destacan la biodiversidad y los hidrológicos. Los BMM son los ecosistemas que más contribuyen a la biodiversidad –tomando en cuenta su extensión– en un país clasificado entre los megadiversos a nivel mundial (Rzedowski, 1993, 2006) y también son reconocidos como ecosistemas prioritarios para la conservación y restauración, debido al papel vital que desempeñan en el mantenimiento de los ciclos hidrológico y de nutrientes. El BMM ha sido reconocido a nivel mundial como un ecosistema que requiere de atención especial debido a su relevancia hidrológica, prueba de ello es que la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) ha establecido una categoría especial para estos ecosistemas dentro de su programa de pago por servicios ambientales hidrológicos (PSAH).

Sin embargo, la tendencia productivista inducida, en ocasiones por programas y apoyos gubernamentales, aunada al modelo ganadero extensivo tiende a homogeneizar y simplificar la biodiversidad, generando sistemas menos resilientes. Esta tendencia histórica ha llevado al territorio montañoso a enfrentar graves problemas de erosión (Paré y Gerez, 2012) y a las zonas bajas a afrontar serias inundaciones. Por lo anterior, parte muy importante para el manejo integral de las cuencas es el mejoramiento de sus sistemas productivos, en acompañamiento de los procesos sociales que conlleven a un buen vivir; es decir, sistemas productivos para el cuidado del agua y de los suelos, que permitan la coexistencia con el bosque nativo, promuevan la biodiversidad, busquen alternativas al cambio climático y fomenten una relación sana entre el campo y la ciudad.

En la región montañosa que nos ocupa se han desarrollado, en las últimas décadas, diversas experiencias que buscan transformar los problemas señalados, afrontando el reto de aminorar los impactos negativos sobre la naturaleza y a la vez beneficiar a los campesinos y ganaderos al hacer más productiva y eficiente esta actividad. Una de estas experiencias es la de Sendas, A.C., organización que desde 2006 ha desarrollado diferentes estrategias para reorientar la ganadería hacia modelos más sustentables.

El modelo de ganadería extensiva como estrategia de ocupación del territorio

Como se dijo, el ganado mayor llegó a México por Veracruz, aquí empezó la colonización cultural, la transformación de la estructura productiva y de un nuevo paisaje. Desde los primeros años de la Colonia

empezaron a fundarse estancias ganaderas en territorios abandonados por la población original. El paisaje mantuvo importantes áreas de selvas y bosques que se recuperaron tras el drástico descenso de población que siguió a la Conquista. Durante los 300 años del periodo colonial y el primer siglo y medio del México independiente, el territorio veracruzano era un mosaico de bosques, agricultura indígena de autoconsumo, plantaciones de caña y pastizales ganaderos, a los que se sumó tardíamente el cultivo de café.

Fue a partir de la década de 1970 que el territorio veracruzano experimentó las drásticas y rápidas transformaciones que aceleraron la "ganaderización" del paisaje. La llamada "marcha hacia el mar" –política tardía de reparto agrario del régimen del presidente Echeverría– promovió el reparto de tierras en lo que hasta entonces eran los bosques y selvas del país, sirviendo como válvula de escape a las demandas de campesinos sin tierra en el centro de México.

En Veracruz, campesinos pobres y ganaderos compitieron por adjudicarse ante la Secretaría de Reforma Agraria las llamadas "tierras sin dueño". La condición fundamental para que un grupo o propietario pudiera hacer un reclamo de tierras era demostrar que se ocupaba el predio y se daba uso productivo a las "tierras ociosas" (así se catalogaba a los bosques y selvas), que no daban beneficio aparente al hombre y a la nación. Para ocupar territorios extensos se recurrió a la quema deliberada de los bosques y a la introducción de ganado, para mostrar que se usaba productivamente el terreno. Así se configuró la ganadería extensiva moderna, primero como una estrategia de ocupación del territorio y secundariamente como una actividad productiva (Durand y Lazos, 2003; Lazos y Paré, 2000).

El crecimiento de la ganadería extensiva tuvo su auge entre las décadas de 1970 y 1990, pero aún sigue siendo muy atractiva debido a la baja inversión que requiere, si se le compara con actividades que demandan mano de obra intensiva y sostenidamente, como la agricultura. Este sistema tan ineficiente desde la perspectiva ambiental, permitió que en las últimas décadas del siglo pasado se amasaran verdaderas fortunas, mientras el país perdía, según diferentes estimaciones, entre 600 mil y un millón de hectáreas al año.

Otra consecuencia del desarrollo de la ganadería extensiva, como resultado de una política de estado, fue la conformación de poderosos grupos atraídos por los intereses ganaderos. Actualmente, los productores pecuarios veracruzanos se encuentran organizados en asociaciones productivas por especie-producto. Tres grandes uniones ganaderas regionales integran a 164 asociaciones ganaderas locales, con membresía de 54 mil 554 socios (Endesu, 2012). Estas organizaciones corresponden a la estructura corporativista del régimen posrevolucionario que organizó a los sectores productivos hasta fines del siglo xx. De ahí que las organizaciones ganaderas locales tiendan a ser de tipo gremial, teniendo como actividad central la gestión de recursos públicos para sostener o aumentar la actividad ganadera bajo el modelo extensivo y no tanto interesadas en mejorar la eficiencia productiva del modelo (CONABIO, 2012).

Contexto general: las subcuencas en las que trabajamos

Las subcuencas de los ríos Pixquiac (10,727 ha), Texolo (8,996 ha) y Huehueyapan (2,873 ha) son parte de la Cuenca Alta del Río La Antigua (CARA), nacen en el Cofre de Perote y discurren hacia el Golfo de México por la vertiente oriental de esta montaña; bajan abruptamente desde los 4200 hasta los 1100 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las subcuencas Texolo y Huehueyapan abarcan 66.28% de la superficie del municipio de Xico, mientras la cuenca del río Pixquiac se encuentra en los municipios de Tlalnelhuayocan, Acajete, Perote y Coatepec.

El clima corresponde al C(fm)W'b(i')g. Se caracteriza por ser templado-húmedo, con lluvias uniformemente repartidas durante todo el año y poca oscilación de la temperatura anual. La temperatura media anual es de 18 °C y la precipitación total anual es de 1490.5 ml (clasificación de Köppen modificada por García, 1973; citado en Zamora y Castillo-Campos, 1997).

El trabajo de Sendas, A.C. se ha concentrado principalmente en las zonas alta y media de las tres subcuencas; entre los 1400 msnm, hasta las colindancias con el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), a los 2700 msnm. En este rango de altura la distribución natural de los ecosistemas forestales abarca el BMM, de los 1300 hasta los 2500 msnm, aproximadamente, más arriba se presentan bosques de encino-pino y de pino y en su zona más alta algunos manchones de oyamel. Las subcuencas se ubican estratégicamente en la parte central de la CARA, de ellas se abastecen de agua las zonas urbanas de Xico y Xalapa. La subcuenca del río Texolo alimenta al sitio Ramsar Cascadas de Texolo.

El suelo predominante en el área es el andosol húmico. La vegetación original –BMM, bosques de encino-pino– ha sido ampliamente perturbada y se encuentra distribuida en un mosaico complejo de usos del suelo compuesto por pequeñas áreas de BMM, sobre todo en las cañadas, milpas, pastizales inducidos y, en menor medida, cafetal de sombra en la parte más baja de la zona de trabajo. El análisis de los cambios en la vegetación (Muñoz-Villers y López-Blanco, 2007) indica para la CARA que los bosques de pino-encino y de coníferas incrementaron su superficie en el periodo 1990 a 2003, en 29 y 116%, respectivamente, mientras que el BMM disminuyó 34.5%. También llama la atención la disminución de la superficie de agricultura de temporal (-19.8%) y el aumento de 21% en la superficie de pastizal inducido, este último se explica, en parte, por la escasa mano de obra que demanda la ganadería extensiva practicada ampliamente en la región. Las observaciones de campo para las zonas media y alta de las subcuencas de interés, confirman las mismas tendencias en la dinámica de vegetación y usos del suelo, indicadas para la CARA.

Se observa una creciente tendencia al abandono de las actividades agropecuarias a cambio de empleos asalariados en la zona conurbada de Xalapa-Coatepec y en la ciudad de Xico. Este fenómeno se relaciona también con la fluctuación de los precios de otros productos agropecuarios orientados al mercado (como la papa), combinada con los ciclos de expansión o contracción en la demanda de mano

de obra en la zona conurbada. La propiedad de la tierra en la zona que nos ocupa es privada y ejidal, dentro de la primera aproximadamente 70% corresponde a pequeñas propiedades de extensiones menores a 5 ha (Muñoz-Villers y López-Blanco, 2007), aunque también destaca la presencia de grandes predios particulares de 100 ha o más. El abandono del campo debido a los procesos migratorios está claramente relacionado con la recuperación de la cubierta forestal asociada al crecimiento de bosques jóvenes en áreas agropecuarias abandonadas (Paré y Gerez, 2012).

Ganadería lechera de montaña entre campesinos minifundistas

La ganadería bovina en la zona de trabajo se orienta principalmente a la producción de leche y es practicada tanto por campesinos minifundistas, que en general poseen menos de 10 hectáreas, como por propietarios de ranchos de hasta 300 hectáreas, grandes para esta región. Desde hace cuatro años, Sendas, A.C. trabaja con campesinos minifundistas y con propietarios de ranchos ganaderos más grandes en las subcuencas del Huehueyapan y del Texolo. En la subcuenca del río Pixquiac se empezó a trabajar con campesinos minifundistas desde el año 2006, por lo tanto la siguiente caracterización corresponde fundamentalmente a la ganadería lechera practicada por este tipo de ganaderos de las tres subcuencas.

En las zonas mencionadas prevalece un ganado bovino criollo de cruzas de Holstein con suizo y Jersey; la superficie promedio destinada a esta actividad es de alrededor de 5 ha, mientras que el número de vacas varía entre 6 y 10 animales por productor (Osorio, 2010). El sistema ganadero depende de la mano de obra familiar, pero se recurre a pagar jornaleros cuando el número promedio es de 10 vacas en ordeña, ya que comienza a requerir mano de obra externa (Osorio, 2010).

La alimentación del ganado depende del pastoreo extensivo o semintensivo, en praderas de pastos nativos (conocidos localmente como sabana o trencilla) e inducidos (*Paspalum* sp. y *Axonopus* sp.), combinados con pastos introducidos como el kikuyo (*Pannisetum clandestinum*) y estrella africana (*Cynodon plectostachius*). La disponibilidad de forrajes se ve drásticamente limitada en la temporada de invierno, debido a las bajas temperaturas y heladas, lo que obliga a los ganaderos a incrementar la compra de forrajes (punta de caña, plátano, rastrojo de trigo o maíz) y alimentos industriales. Pero muchas veces también a vender animales debido a la quiebra económica cíclica de cada invierno, por tanto se presenta una fuerte variación estacional en la producción de leche y en el tamaño del hato. Los animales pastan con poca intervención de los cuidadores, quienes los cambian de un área a otra en pastizales casi carentes de arbolado, separados con cercas fijas de alambres de púas. La poca o nula división de potreros en áreas que en promedio varían de un cuarto a una hectárea hace que el pastoreo sea poco eficiente.

Se cuenta con infraestructura mínima y rústica para el manejo animal, la ordeña se hace a cielo abierto o en galeras improvisadas y no siempre se cuenta con corrales de manejo. No se llevan registros de producción y las prácticas de sanidad animal son pocas o inexistentes, de la misma forma las prácticas de higiene en la ordeña son insuficientes. Brucelosis y mastitis son enfermedades recurrentes y comunes que limitan significativamente la producción de leche y propician pérdidas económicas importantes.

En general, esta ganadería presenta niveles de producción bajos y alta dependencia de alimentos balanceados industrializados (principal gasto de producción). Sin embargo, la abundancia de lluvia y la riqueza de suelos permiten que esta ganadería extensiva alcance un índice de agostadero de 1.5 cabeza por hectárea (en contraste con el 0.5 de la ganadería tropical del estado). La producción de leche por vaca al día puede alcanzar un promedio anual de 14 litros (Osorio, 2010). En el caso de la carne se tienen incrementos de peso inferiores a 500 gramos por día, que equivale a la producción de menos de 180 kg de peso vivo por hectárea al año. En otras palabras, un bajo rendimiento de sólo 10 a 33 kilos de carne por hectárea (CONABIO, 2012). En suma, bajo este sistema para alimentar una vaca se ha deforestado poco menos de una hectárea de bosque de niebla, lo que implica producir leche y carne muy cara desde el punto de vista ambiental. Aun así, esta ganadería es más eficiente y productiva que la de doble propósito de las zonas tropicales del estado, pero aún tiene un gran potencial no explotado, ya que la alta precipitación y la fertilidad de los suelos permitirían con un

mejor manejo llegar a los 25 o 30 litros de leche por vaca al día (Osorio, 2010).

La leche se expende a intermediarios que poseen enfriadores en las comunidades cercanas, los cuales a su vez se la venden a la planta de la empresa Nestlé®, localizada en la ciudad de Coatepec (cuyo principal producto es la leche en polvo), o bien la revenden a pequeñas factorías que elaboran quesos y otros derivados. El precio de la leche varía a lo largo del año en función de la abundancia del producto, según la temporada; en 2016 el precio de temporada baja (invierno) fue de $5.00 litro y en temporada alta (primavera-verano) fue $4.20 litro. Es común que los acaparadores paguen con retraso de varias semanas el producto y que condicionen la compra, a los pequeños productores, para que adquieran con ellos alimento balanceado. Las condiciones de compra de insumos y bajos precios de la leche, aunadas a la baja productividad, perpetuan una situación de alta precariedad económica de los ganaderos, quienes señalan continuamente: "trabajamos para las industrias".

Algunos ganaderos transforman su leche en quesos rústicos (salado y de hebra) que venden a comerciantes locales que los revenden en las ciudades. En pocos casos los ganaderos venden directamente su leche o quesos a consumidores en los pueblos y ciudades, afrontando costos de traslado y la demanda de tiempo para esta actividad extra.

Perfil socioeconómico de los ganaderos

En el área de trabajo la identidad de la población es resultado de dos tradiciones culturales. La parte alta de las subcuencas (1800-2500 msnm, aproximadamente) está habitada por campesinos mestizos provenientes del altiplano poblano y veracruzano que colonizaron la región a principios del siglo XX, cuando trabajaban en las haciendas madereras del Porfiriato (Paré y Gerez, 2012), mientras que en la zona media (1400-1800 msnm, aproximadamente), la población desciende de los nahuas que habitaban la región desde antes de la llegada de los españoles. El náhuatl está prácticamente extinto, aunque todavía se pueden encontrar algunas personas de edad avanzada que lo hablan.

La mayor parte de los ganaderos con los que trabaja Sendas, A.C. son campesinos de pocos recursos (la mitad de ellos son ejidatarios), con sistemas de producción familiares que combinan la ganadería lechera con diversas actividades productivas (cría de borregos, cabras, cerdos, milpa, aprovechamiento del bosque, frutales, producción de traspatio, trabajo asalariado, etc.). En todos los casos la ganadería es parte de una estrategia económica familiar diversificada, en la que la venta de leche representa un ingreso diario, que sin ser la única o principal fuente de ingresos, complementa la economía familiar. La venta de becerros hace las veces de ahorro familiar para casos de emergencia, o como instrumento para juntar recursos para inversiones productivas, adquisición de consumo o compromisos festivos.

Los campesinos propietarios de las parcelas ejidales y del ganado son todos varones padres de familia cuyo promedio de edad supera los 50 años (Pladeyra, 2016). Son pocos los casos en que los hijos varones se involucran en esta actividad y cuando lo hacen normalmente es solo uno de ellos. La escolaridad promedio es de tercer año de primaria, de manera que todos leen y escriben con limitaciones, así que registrar cifras o llevar cuentas escritas se les dificulta.

Sistemas agrosilvopastoriles promovidos

Con el objetivo de disminuir los impactos ambientales negativos de la ganadería y ayudar a mantener las funciones ecosistémicas que sostienen los servicios ambientales en las subcuencas, Sendas, A.C. ha promovido sistemas agrosilvopastoriles desde 2006. Esta actividad ocupa poco más de 30% de la superficie en las tres subcuencas y se desarrolla en una zona de suma importancia y de alta fragilidad, entre los 1400 y los 2500 msnm, cerca de las cabeceras de la cuenca, donde el relieve es muy accidentado y el suelo es altamente susceptible a la erosión. Además, esta franja altitudinal corresponde también a la distribución de los remanentes del BMM.

Los sistemas agrosilvopastoriles que se promueven intensifican el modelo extensivo, se basan en la concentración de las actividades de pastoreo en una unidad de superficie, con la intensión de disminuir la presión sobre los bosques y liberar áreas de pasto para restauración u otras actividades productivas de orientación agroecológica. Esta línea de trabajo tiene dos

objetivos específicos: reorientar la ganadería hacia modalidades más sustentables, a la vez de mejorar la eficiencia económica de esta actividad. En función de esos objetivos se promueven modelos más ordenados que integran los siguientes componentes:

- Reforestación con especies nativas en áreas de exclusión protegidas con cercos fijos de púas, a lo largo ríos, en torno a manantiales ubicados en el potrero y en las zonas más quebradas de los predios.
- Establecimiento de praderas mejoradas; 60 kg de semilla por hectárea de dos pastos, orchard (*Dactylis* sp.; 45%), western (45%) y trébol (*Trifolium* sp.; 10%).
- Siembra de pastos de corte Taiwan (*Pannisetum purpurum*) y king grass (*Pannisetum hybridum)*.
- Siembra de bancos de proteína, con gigantón (*Tithonia diversifolia*), morera (*Morus alba* y *M. nigra*), cacahuatillo (*Arachis pintoi*) y plátano (*Musa paradisiaca*).
- Siembra de árboles y arbustos intercalados para la fijación de nitrógeno: huizache (*Acasia farnesiana*), ilite (*Alnus acuminata*), flemingia (*Flemingia* sp.), cacahuatillo (*Arachis pintoi*), leucaena (*Leucaena diversifolia*) y timbre (*Acasia angustisima*). Algunas de estas especies también sirven como forraje.
- División de potreros y rotación del pastoreo bajo dos modalidades.
    - i) "Callejones" fijos, usando cerco eléctrico para dividir las áreas y promover la rotación del pastoreo de un callejón a otro (en predios con fuertes laderas).
    - ii) Divisiones movibles, usando el cerco eléctrico para delimitar franjas pequeñas e ir trasladando el pastoreo de forma dinámica (en predios regularmente planos).
- Siembra de árboles frutales y arbustos productivos (macadamia, manzana, pera, durazno, morera, zarzamora, hortensia y alcatraz), protegidos por el cerco eléctrico como parte de la división de los callejones fijos.
- Trazado de los callejones fijos de pastoreo siguiendo curvas a nivel, como parte de obras de conservación de suelos.
- Fertilización del potrero con abonos orgánicos (bocashi y otros) elaborados con materiales locales y con el manejo de los estiércoles generados en la ordeña.
- Ensilado de forrajes para la temporada de invierno.
- Implementación de prácticas sanitarias durante la ordeña y manejo de la leche (sellado de ubres, prueba de California, lavarse las manos, etc.).
- Establecimiento de cortinas rompeviento en los linderos, con especies maderables comerciales (pino, ilite, ciprés).

Metodología

El trabajo se desarrolló a partir de una estrategia metodológica que enfatizó la capacitación y promoción de la colaboración y organización entre los participantes, para integrar procesos productivos y cadenas de valor. La estrategia de trabajo fue acercarse a los productores y proponerles colaborar para construir

módulos demostrativos en una fracción de cada predio. Cada ganadero desarrolló las prácticas agrosilvopastoriles y la elaboración de derivados de leche –los pocos que lo hacen– de manera individual. Las capacitaciones, adquisiciones y comercialización (componente que apenas se está abordando) se hacen en grupo. Los modelos agrosilvopastoriles se desarrollaron a lo largo de un proceso escalonado que requirió como mínimo dos o tres años de capacitación y acompañamiento técnico para su incorporación.

Cuando se tenían recursos económicos, de forma paralela a la capacitación, se hicieron las inversiones necesarias para incorporar los componentes agrosilvopastoriles en la hectárea. Este proceso fue flexible y se adaptó a las posibilidades e intereses de los ganaderos, quienes marcaron el ritmo de avance, pero dependían también del logro de gestiones que permitían las inversiones para sostener el acompañamiento técnico. El orden secuencial general de capacitaciones e incorporación de prácticas y componentes se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. *Capacitación y actividades desarrolladas con los productores.*

Capacitación	Actividades e inversiones
• Talleres, reuniones y visitas de intercambio para sensibilizar sobre la importancia de modificar las prácticas actuales (impactos ambientales negativos, baja productividad y rentabilidad, etc.) y para entender los conceptos básicos de la ganadería agrosilvopastoril.	Diseño colaborativo del modelo de sistema agrosilvopastoril de cada participante, acorde a las condiciones de su parcela, necesidades y expectativas.
• Capacitación en pastoreo rotativo intensivo y semi intensivo. • Uso de cerco eléctrico para hacer divisiones dinámicas que permitan dar rotaciones adecuadas a los potreros. • Trazo de curvas a nivel y establecimiento de divisiones para proteger los suelos de la erosión. • Elaboración de fertilizantes naturales para las praderas, elaborados con insumos locales. • Ensilado de pasturas o de biomasa de bancos forrajeros.	Reforestación de zonas riparias y manantiales, combinada con cerco fijo para la exclusión del ganado y facilitar la regeneración natural. Siembra de variedades mejoradas, pastos de corte y bancos de proteína. Fertilización de potreros con abonos naturales. Establecimiento de callejones fijos y siembra de árboles frutales, flores y arbustos productivos, siguiendo curvas a nivel.
• Incorporación de mejores prácticas sanitarias y de ordeña. • Capacitación para transformar la leche; quesos maduros yogurt, gelatinas, etcétera	Construcción de infraestructura: área de ordeña y corral de manejo. Equipamiento de queserías y apoyo a la comercialización bajo el sello Productos y servicios de la cuenca del río Pixquiac. Monitoreo de aspectos ambientales y productivos.

Monitoreo

La necesidad de generar información para evaluar, aprender y redireccionar el trabajo fue identificada desde el inicio de la línea de trabajo agrosilvopastoril en el 2007. Sin embargo, hasta el 2015 fue posible formalizar el diseño de un sistema de monitoreo y ponerlo en marcha. Se eligieron 4 parcelas permanentes de monitoreo para llevar un control piloto sobre los datos productivos y de suelos de las parcelas seleccionadas, posteriormente se incorporó la tecnología de Field-Map©

para el levantamiento en campo de datos sobre biomasa, biodiversidad y otros indicadores ambientales. Los puntos más relevantes del monitoreo de las cuatro parcelas demostrativas permanentes (PDP) fueron:

1. Muestreo de suelo en las parcelas permanentes para monitorear siete indicadores: pH, nitrógeno total, carbono total, materia orgánica, carbono orgánico, fósforo disponible y fósforo total. Las muestras tomadas en cada parcela fueron llevadas al laboratorio de suelos del Instituto de Ecología, A.C., en donde se analizaron bajo la NOM-021-SEMARNATT-2000. Al respecto se estima que a partir del séptimo año será evidente la influencia positiva del árbol sobre las características químicas y físicas del suelo del potrero.

2. Se comprobó que los postes plásticos movibles no son la mejor alternativa para la protección de los árboles frutales en estado juvenil ya que en ocasiones el ganado logró moverlos. Para el caso del frutal macadamia, dado su alto precio y demanda en el marcado, valdría la pena realizar una mayor inversión en la protección de los árboles, utilizando un ruedo de malla ciclónica por árbol, lo cual aseguraría la permanencia del árbol durante su desarrollo.

3. Sobre los indicadores de producción en las parcelas demostrativas, los litros de leche por animal y los tiempos de rotación del ganado, solamente se obtuvieron de un ganadero que dio continuidad durante seis meses, usando los formatos entregados para tal fin, en donde se pudo observar que los mayores gastos por insumos registrados en dicha parcela fueron por la compra del suplemento alimenticio y las medicinas. Los tres ganaderos participantes coincidieron en percibir un mayor aprovechamiento de su terreno con el sistema de rotación por callejones, dando en promedio un mes de descanso a sus praderas.

Parcelas agrosilvopastoriles permanentes de monitoreo

Bajo el marco de colaboración GIZ, Gitec, Cafecol, A.C. y Sendas, A.C., en el proyecto Eje Turístico Sustentable de la iniciativa Corredor de la Sierra Madre Oriental (CESMO), se inició el proceso de instalar parcelas permanentes de monitoreo (PPM). En Sendas, A.C. se utilizó una estación de monitoreo originalmente destinada para hacer censos e inventarios forestales, que se adaptó para el monitoreo de las parcelas ganaderas y conocer los cambios de las prácticas alternativas implementadas. Se generó una base de datos con el programa Field-Map (IFER, 2009) para mapear las parcelas, su ordenamiento, biodiversidad y diversidad arbórea. La base de datos, única en su género, tiene la bondad de incluir información sobre los aspectos económicos y sociales del sistema ganadero, tener un balance de costo-beneficio, el cual puede graficarse en correlación a sus cambios en el tiempo.

El monitoreo que se realizará anualmente busca: 1) cuantificar los cambios ocurridos en las PPM en el tiempo y bajo la influencia de las mejoras productivas implementadas; 2) integrar elementos ambientales y socioeconómicos para el análisis, en su tránsito hacia la sustentabilidad y orientar la toma de decisiones en estos sistemas productivos; 3) responder a las siguientes preguntas: ¿en el tiempo, cómo cambia la cobertura arbórea y la diversidad?, ¿qué tan rentable es el sistema con las alternativas aplicadas?, ¿qué efectos a nivel social, educativo, de economía doméstica y bienestar tiene la reconversión productiva?

Esta tecnología nos ayudará a comprender la naturaleza y distribución de las parcelas, incluso antes de iniciar con el proceso de reconversión, siendo útil para el diseño y planeación de los módulos. El acceso a la información de los árboles, como la ubicación, especie, DAP, altura y cobertura, nos ayudará a saber si el pastoreo transita hacia un manejo silvopastoril.

El equipo Field-Map permite la visualización y entendimiento rápido de las parcelas, con una posibilidad muy efectiva; la base de datos puede modificarse en campo, lo que hace al instrumento sumamente adaptable. El monitoreo tiene un año de haberse implementado y ya está aportando datos sobre la situación de las parcelas, los próximos levantamientos irán arrojando datos sobre cuáles han sido los cambios ocurridos en un año. A través de este conocimiento se busca mejorar las estrategias de diseño, implementación y seguimiento de las alternativas implantadas y poder resaltar aquéllas que tienen un efecto positivo en el medio ambiente y el bienestar de los ganaderos.

Resultados

Entre 2006 y 2018 se ha trabajado con 60 pequeños ganaderos, 41 de la subcuenca del Pixquiac y 19 del Huehueyapan y Texolo. La participación de la mayoría ha sido intermitente, dependiendo de su interés y disposición, así como de la capacidad de Sendas, A.C. para mantener técnicos que den seguimiento a la línea agrosilvopastoril. En la primera etapa (2006-2008) se trabajó con 27 ganaderos del ejido San Antonio Hidalgo (municipio de Tlalnelhuayocan, en la subcuenca del Pixquiac), quienes iniciaron la reforestación de áreas con fuertes pendientes, manantiales y fuentes de agua, paralelamente se sembraron pastos de mejor calidad y de corte y se incorporó el uso del cerco eléctrico con rotación de potreros, como parte de una estrategia de "compensación" por el área de pastoreo perdida por la reforestación.[1] Esta iniciativa fue suspendida por falta de financiamiento, hasta el 2014 cuando se retomó el proyecto con 17 ganaderos,[2] de los cuales sólo tres eran del grupo original, el resto son nuevos integrantes y pertenecen al ejido San Pedro Buenavista (también en la subcuenca del Pixquiac, municipio de Acajete). En esta nueva etapa se incorporó una visión más integral y agroecológica; se establecieron árboles en las divisiones de callejones de pastoreo, se integró el diseño siguiendo curvas a nivel (*key line*), se fertilizó con abonos naturales, se hizo ensilado y se establecieron mejores prácticas sanitarias y de higiene.

Una diferencia importante entre la primera y segunda etapa del proyecto es que en esta última se adoptó en el Pixquiac un esquema de financiamiento revolvente, donde los participantes regresan todo o una parte del financiamiento (50 o 20%, según el caso, sin contabilizar la asistencia técnica). Esta variación se debió al aprendizaje dejado por la primera etapa, en la que los participantes adoptaron el modelo de forma parcial (cerco eléctrico y rotación), pero su interés decayó cuando no hubo financiamiento a fondo perdido. El esquema de fondos revolventes garantiza que el ganadero que decide participar está suficientemente interesado en la adopción del modelo como para comprometerse a regresar, aunque sea una parte del apoyo recibido. La segunda diferencia es que, en esta etapa el proyecto ha incursionado en la transformación de la producción de la leche mediante capacitación, gestión de financiamientos para equipar talleres de elaboración de lácteos y en el apoyo a la comercialización bajo el sello Productos y Servicios de la Cuenca del río Pixquiac.

En la segunda etapa se empezó a trabajar desde 2015 con ganaderos del Huehueyapan y del Texolo, en el municipio de Xico, donde los sistemas agrosilvopastoriles incluyen también cabras y borregos. Muchos de estos sistemas se ubican en pendientes muy pronunciadas o en condiciones de poco espacio. Una de las primeras actividades realizadas fue la experimentación con forrajes de corte, para hacer pruebas con morera, gigantón y cacahuatillo, en curvas a nivel. Se implementaron cercos eléctricos para el manejo eficiente de las praderas, siembra de frutales en curvas a nivel dentro de callejones aislados con el mismo cerco eléctrico.

Hemos tenido buenos resultados con el uso del gigantón (*Tithonia diversifolia*) en siembra para corte y acarreo, sobre todo en el manejo de cabras y borregos donde el tiempo de estabulado ha aumentado 45% dando la posibilidad de que las áreas de bosque y acahual, donde se llevan normalmente a pastorear, tengan menos presión. Otros productores que están utilizando el gigantón afirman que han disminuido la compra de alimentos balanceados en aproximadamente 10% y este pequeño avance los está convenciendo de sembrar más áreas con esta especie. La morera no tuvo buenos resultados a la altitud de 1600 msnm y más arriba, debido a las heladas que se presentan ocasionalmente y a la presencia de tuzas que tienen cierta predilección por esta planta y, finalmente, a que el gigantón resultó muy superior en cuanto a la producción de forraje.

Actualmente, 29 ganaderos están participando en el proyecto: 10 en la subcuenca del Pixquiac, 7 en la del

1 Esta etapa se financió con recursos del programa Acuerdos por Nuestra Agua (ANA), con aportaciones del Ayuntamiento de Xalapa y el Fideicomiso ABC del Gobierno de Veracruz.

2 Realizado con financiamiento de Fomento Social Banamex, instancia con la que se estableció un mecanismo de fondos revolventes para apoyos a los productores. Posteriormente, se sumaron recursos del Fondo Ambiental Veracruzano.

Huehueyapan y 12 en Texolo. Con ellos se están implementando capacitaciones sobre Pastoreo Racional Voisin; los equipos de trabajo del Pixquiac y Xico están implementado las ideas básicas de este tipo de pastoreo en sus rotaciones y manejo de praderas.

Organización para compras y comercialización

En 2017 el grupo agrosilvopastoril del ejido San Pedro Buenavista decidió comprar en grupo alimento industrial balanceado, como una estrategia para disminuir sus costos de producción, eso a través del establecimiento de un fondo revolvente grupal. Lo hicieron para contrarrestar lo que se hace de forma normal, comprar alimento balanceado a precio alto, como el ofertado por el intermediario, quien además posteriormente les compra su producto a precio bajo. La sustentabilidad de la anterior propuesta fue ampliamente debatida, ya que los ganaderos argumentaron que para que ellos puedan disminuir su dependencia respecto a la compra de alimentos industrializados (insumos externos), es necesario que se desarrolle un proceso paulatino de transición, a lo largo del cual vayan aumentando la calidad, cantidad y disponibilidad de forrajes producidos por ellos en sus predios.

La compra de un lote de alimento balanceado les permitió obtener precio por mayoreo y a la fecha el grupo ha recuperado la inversión cuatro veces. Eso ha sentado las bases para el trabajo en grupo, basados en la administración transparente y de respeto a los acuerdos tomados en consenso, así han obtenido beneficios tangibles por el trabajo colaborativo. Uno de los acuerdos fue el compromiso de elaborar silos con forrajes propios, en prevención de la escasez de pastos de la temporada de invierno. El ensilado había sido enseñado en dos talleres de capacitación, pero solo un ganadero lo había reproducido en su parcela, mismo que facilitó dar otros cuatro talleres prácticos, con los cuales los 10 integrantes del grupo trabajaron en conjunto para hacer silos en cada una de sus parcelas.

La forma individual de trabajar y de vender su producto (leche), constituye el principal obstáculo para que los ganaderos accedan a mejores condiciones de venta y eventualmente a mejores precios. Hoy todos venden a lecheros distintos que reciben el producto para después elaborar lácteos o para revender a la planta de la compañía Nestlé® ubicada en Coatepec. El precio es bajo (4.30 pesos por litro, actualmente) y varía a lo largo del año dependiendo de la temporada de mayor o menor producción de leche. Los intermediarios suelen pagar con mucho tiempo de retraso y en ocasiones simplemente no pagan, además, como ya se indicó, la compra de leche suele estar condicionada por los intermediarios, para que los ganaderos adquieran alimento balanceado con ellos. Así los intermediarios venden la leche a un precio más alto y como poseen vehículo pueden distribuirla en la ciudad o producir lácteos para comercializarlos, además de traer de regreso más alimento balanceado.

La oportunidad para vender la leche a mejor precio implica que los ganaderos se organicen para reunir su producto, refrigerarlo y transportarlo a la ciudad (otra

opción sería que transformaran individual o grupalmente la leche en lácteos, pero esta vía implica una organización aún más compleja). La venta a mejor precio y condiciones se puede lograr mediante la instalación de un tanque enfriador, para lo cual se necesita un volumen diario de al menos 500 litros (individualmente ninguno produce más de 100 litro al día, pero juntos sobrepasan el volumen mínimo). La empresa Nestlé®, sin ser la mejor opción de precio, ofrece créditos para instalar enfriadores, pago puntual y el precio base actual por litro de leche de 5.05 pesos, más sobreprecio por mejores prácticas, muchas de las cuales son objeto del proyecto agrosilvopastoril, tales como: higiene en ordeña, prueba de California, uso de ensilados, etc; en conjunto, esta opción resulta mucho más conveniente que las condiciones que ofrecen los acaparadores locales.

Se tuvo una reunión con el representante regional de compras de la Nestlé®, quien planteó los requisitos y condiciones de compra al grupo, el cual quedó motivado para desarrollar los acuerdos y condiciones que les permita acceder a este mercado o buscar otro mejor. Sin embargo, la venta de leche en grupo requiere el desarrollo de mayores capacidades de organización y administración que permitan reunir un volumen constante, establecer y respetar los controles de calidad y homogeneidad mínima de la leche, organizar la logística de acopio y administrar los recursos.

La transformación para agregar valor a la leche es otra vía para mejorar la rentabilidad, sin embargo, esta alternativa implica abordar los siguientes aspectos:

- Capacitación para mejorar la calidad de los productos.
- Diversificar para no competir en un mercado saturado de productos tradicionales (quesos frescos y de hebra).
- Incorporar estándares de higiene.
- Establecer canales de comercialización de los productos resultantes de los módulos.

Actualmente, se está trabajando con cuatro queserías para mejorar su producción, eficiencia energética (incorporación de calentadores solares para disminuir el gasto de gas en el procesado de la leche) y calidad de los productos (elaboración de quesos maduros). La limitante principal es que el mercado actual no ofrece ninguna ventaja en cuanto a condiciones de compra y precios para la leche y lácteos resultantes de los módulos agrosilvopastoriles. Por ello, los ganaderos involucrados no encuentran incentivo de la sociedad ni del mercado para adoptar mejores prácticas ambientales, productivas y sanitarias.

Debido a las dificultades señaladas en el apartado de monitoreo, no se cuenta con datos sólidos que permitan evaluar cuantitativamente los resultados del trabajo; sin embargo, bajo la percepción cualitativa y cuantitativa de los productores los resultados son favorables en los siguientes aspectos:

Productivos:

- Rendimiento obtenido en litros de leche.
- Mayor capacidad de carga por unidad de superficie.

Ambientales:

- Recuperación de estabilidad en el aforo de manantiales.
- Aumento de la biodiversidad, por los árboles de especies nativas sembrados y por regeneración natural en áreas de exclusión.
- Regeneración del sotobosque en las mismas áreas.
- Avistamiento de aves, mamíferos e insectos en las áreas de exclusión.

Económicos:

- Obtención de leña y postes de áreas reforestadas.
- Disminución de gastos en la compra de alimentos balanceados, industrializados y forrajes externos.
- Acortamiento de la temporada crítica de escasez de forrajes en la parcela.

Desde el punto de vista de los objetivos del proyecto los datos relevantes son:

- Reforestación de 92 hectáreas de potrero con 17 especies diferentes de árboles nativos.
- Restauración de 30 manantiales.
- Restauración de 5 mil metros lineales de áreas riparias, con cercado de exclusión.

La adopción de prácticas de los ganaderos participantes del modelo agrosilvopastoril se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. *Resultados, de acuerdo con la actividad o práctica promovida y porcentaje de los ganaderos que a la fecha la han adoptado.*

Prácticas	%
Reforestación de zonas riparias y manantiales con cercado fijo de exclusión (se han perdido algunas áreas por reintroducción de ganado).	80
Siembra de variedades mejoradas, pastos de corte y bancos de proteína.	100
Pastoreo rotativo (racional tipo Voisin) con cerco eléctrico.	70
Fertilización de potreros con abonos naturales elaborados con insumos locales.	5
Divisiones siguiendo curvas a nivel (aplicable sólo en potreros con pendiente fuerte).	90
Callejones fijos y siembra de árboles frutales, flores y arbustos productivos, siguiendo curvas a nivel (aplicable sólo en potreros con pendiente fuerte).	90
Ensilado de pasturas o de biomasa de bancos forrajeros.	15
Incorporación de mejores prácticas sanitarias y de ordeña.	10
Transformación de leche, quesos maduros yogurt, gelatinas, etc.	5
Monitoreo de aspectos ambientales y productivos.	5
Organización para compras.	15
Organización para comercialización.	0

En lo referente a la recuperación de la inversión, a partir del esquema de fondo revolvente, el resultado más relevante es que 10 de los 16 ganaderos involucrados en este esquema, establecido en 2014 ya han regresado la totalidad o la mayor parte del monto acordado.

Aprendizajes y retos

Una mirada hacia el trabajo desarrollado en los pasados 10 años nos lleva a reflexionar sobre los retos por superar para reorientar la ganadería hacia esquemas sustentables, entre los que consideramos más relevantes los siguientes:

Enfoque sistémico sobre la organización y economía familiar

Un primer aprendizaje al trabajar con el sector social, integrado por campesinos minifundistas, es que no se debe perder de vista que, para ellos, la ganadería es parte de una estrategia económica familiar diversificada, es decir, no son solamente ganaderos. Los recursos de los que disponen (terreno, tiempo, mano de obra), se distribuyen entre todas las actividades de las que depende la economía familiar. Los cambios que se propongan en prácticas y técnicas deben considerar las implicaciones sobre otras actividades del sistema económico familiar, por ejemplo, la necesidad de compensar la pérdida de área agropecuaria productiva a favor de la restauración.

Se requiere dar seguimiento suficiente para lograr cambios

Los cambios considerados en la reorientación de la ganadería implican profundas transformaciones a nivel de paradigmas (por ejemplo, la idea de que los

árboles no deben convivir con el pastizal), prácticas y hábitos cotidianos (como lavarse las manos para ordeñar). Estos cambios no se logran sólo con talleres, pláticas y cursos, se requiere acompañamiento durante un tiempo para reafirmar conocimientos y animar a los participantes a darse la oportunidad para probar y ver los resultados del cambio. Un ejemplo de esto es el ensilado, cuyas ventajas se vieron en talleres y visitas de intercambio, sin que la mayoría de los participantes se animaran por sí solos a invertir tiempo y recursos para sembrar más forrajes en primavera y verano a fin de ensilarlos.

Se adoptan las prácticas que muestran ventajas concretas en lapsos cortos

El logro más visible de los 10 años de trabajo es que todos los ganaderos que han participado adoptaron permanentemente el uso del cerco eléctrico y la rotación de pastoreo, aunque con diferentes grados de intensidad. Prueba de esto es que los participantes de la primera etapa de trabajo, que se retiraron en 2008, siguen usando esta tecnología, incluso han sustituido por sí mismos los equipos descompuestos, perdidos o caducos y no han regresado al pastoreo extensivo. Los resultados observados en el corto plazo explican esta adopción y son una lección para diseñar estrategias de promoción que combinen elementos de resultado efectivo rápido, con otros de efecto de mediano o largo plazo.

Poco éxito en la diversificación productiva en el potrero

La siembra de frutales en las divisiones de callejones ha sido poco exitosa, el porcentaje de plantas muertas o que presentan poco vigor fue alto. La mortalidad de plantas se debió a la insuficiente protección del cerco eléctrico y al daño por ataque de tuzas, mientras que la falta de fertilización y problemas de adaptación explican la debilidad de los árboles (aunque se seleccionaron especies propicias a las condiciones del sitio que fueron compradas en sitios con condiciones similares). Los pocos casos de éxito en la introducción de árboles frutales fueron en sistemas multipropósito, donde los productores ya tenían experiencia en el manejo de frutales. Las áreas más altas, 1900-2200 msnm, presentaron poca presencia de tuzas, lo cual ha permitido tener también buenos a regulares resultados en las siembras de frutales.

Potencial no explorado de especies locales forrajeras

Se han identificado, junto con los ganaderos, una amplia lista de especies leñosas y arbustivas que son consumidas regularmente por el ganado. Sin embargo, hacen falta investigaciones de etnobotánica, taxonómicas y de laboratorio, que permitan generar información aplicable para enriquecer las alternativas para mejorar la alimentación. En la primavera del año 2018 se han iniciado pruebas con especies forrajeras silvestres identificadas por los productores de cabras, para su cultivo y reproducción por esqueje. Estas son pruebas piloto realizadas por los mismos campesinos-ganaderos, bajo sus propias técnicas de siembra y reproducción; se espera que posterior a esos ensayos se puedan realizar análisis y experimentos más elaborados con la colaboración de la academia.

Sin monitoreo no será posible aprender, demostrar y expandir las experiencias

Otro elemento que se reporta como esencial es el monitoreo, para conocer con precisión los cambios que surgen en el tiempo a raíz de las alternativas implementadas. La asimilación es lenta y requiere un trabajo de acompañamiento constante, hasta que los ganaderos vean cómo los resultados generan información útil para ellos; en primera instancia serían los parámetros productivos y económicos. En cambio, el monitoreo de aspectos que no presentan un punto de interés inmediato para los ganaderos (ecológico, biodiversidad), o que son más profundos y complejos, o que impliquen un seguimiento de mediano y largo plazo, requieren de otro tipo de estrategias, como puede ser la alianza con instituciones académicas y centros de investigación que cuenten o establezcan programas de estudio y formación de profesionales interesados en estos temas.

Potencial de programas públicos hacia una ganadería más sustentable

Programas públicos como el PROGAN y las certificaciones de SAGARPA (como la orgánica) pueden ser grandes aliados si se logran establecer sinergias que permitan

colaborar y direccionar esos programas de forma efectiva hacia los objetivos y lineamientos de sus reglas de operación. De no tomarse en cuenta ese aspecto, se continuarán dispersando recursos públicos que deberían promover prácticas sustentables, o que al operarse de otra forma llegaran a representar incentivos contrarios a la sustentabilidad ganadera.

Sin incentivos de mercado que valoren los servicios ambientales no se podrá expandir la ganadería sustentable

La razón fundamental de que los ganaderos no adopten las prácticas agroecológicas es que no encuentran incentivos productivos o económicos para cambiar el manejo animal o reducir los impactos ambientales de su actividad. El mercado al que pueden acceder los ganaderos con los que trabajamos, no hace diferencia en el precio o condiciones de comercialización de la leche o sus derivados, frente a los productos de los ganaderos convencionales. Bajo esas condiciones, los modelos agrosilvopastoriles serán adoptados sólo por aquellos ganaderos sensibilizados y conscientes, pero que difícilmente podrán expandirse más allá de las experiencias piloto o demostrativas.

Referencias

Aguirre Hernández, N.C. 2009. *Diagnóstico del sector primario en Veracruz*. Comité Técnico de Evaluación SAGARPA.

Blanco Rosas, J.L. 1999. *La integración de los popolucas de Soteapan a la sociedad nacional: desarrollo, democracia y ecología*. Tesis de Maestría en Sociología. Universidad Iberoamericana, México.

CONABIO (**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**). 2013. *Estrategias para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del estado de Veracruz*. CONABIO, México.

———. 2012. *Los sistemas silvopastoriles: la integración de la ganadería y la conservación de los recursos naturales.* Corredor biológico mesoamericano. CONABIO, México.

Doolitle, W.E. 1987. Las marismas to Pánuco to Texas: the transfer of open range cattle ranching from Iberia through Northeastern Mexico, *Conference of Latin Americanist Geographers Yearbook,* 13:3-11.

Durand, L. y Lazos, E. 2003. Colonization and tropical deforestation in Sierra Santa Marta, Southern Mexico. *Environmental Conservation*, 31(1):1-11.

Ellis, E.A. y Martínez-Bello, M. 2010. Vegetación y uso del suelo de Veracruz. Pp. 203-226. En: *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural del estado de Veracruz. Tomo 1, Patrimonio natural.* Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana. Gobierno del Estado de Veracruz, México.

ENDESU (**Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable, S.A.**) 2012. *Análisis económico-financiero de un sistema silvopastoril: estudios de caso en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, Veracruz,* Informe elaborado por ENDESU, México.

Field, B. 2003. *Economía ambiental*. McGraw-Hill. Interamericana de España, S.A.

Holmgren, D. 2002. *Permaculture principles and pathways beyond sustainability*. Holmgren Design Services, Hepburn, Victoria.

Huerta C., C. y Cruz R., M. (Comp.). 2016. *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa.

IFER (**Institute of Forest Ecosystem Research**). 2009. En: http://www.ifer.cz/?page=fieldmap2. software. República Checa.

INEGI (**Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática**). 2007. Censo Agropecuario, VIII Censo Agrícola Ganadero y Forestal. En: http:/www.inegi.gob.mx.

Lazos, E. y Paré, L. 2000. *Miradas indígenas sobre una naturaleza entristecida: percepciones ambientales entre los nahuas del sur veracruzano*. UNAM, Ed. Plaza y Valdés, México, D.F.

Martínez, I., Cruz R., M., Montes de Oca, T.E. y Suárez, L.T. 2011. *La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos.* Secretaría de Educación de Veracruz, Instituto de Ecología, A.C. 71 pp.

Muñoz-Villers, L.E. y López-Blanco, J. 2007. Land use/cover changes using Landsat TM/ETM images in a tropical and biodiverse mountainous area of central-eastern Mexico. *International Journal of Remote Sensing,* 29(1):71-93.

Osorio, M.A. 2010. Producción lechera en la zona alta de Veracruz. *Primer foro sobre la ganadería lechera en la zona alta de Veracruz*. En: https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/PRODUCCIONDELECHEENLAZONAALTADEVERACRUZ.pdf).

Paré, L. y Gerez, P. 2012. *Al filo del agua, cogestión de la subcuenca del r*ío Pixquiac Veracruz. UNAM, Sendas, A.C., Universidad Veracruzana, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Iberoamericana, México. 359 pp.

Pezo, D. y Ibrahim, M. 1998. *Sistemas silvopastoriles*. Colección de Modelos de Enseñanza núm. 2. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.

Pladeyra. 2016. *Ordenamiento ecológico del estado de Veracruz*. Gaceta Oficial, Gobierno del Estado de Veracruz. Núm. extraordinario 034. 68 pp.

Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the fanerogamic flora of Mexico. Pp. 139-144. En: Ramamoorthy, T.P., Bye, E., Lot, A. y Fa, J. (Eds.). *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, Nueva York.

———. 2006. *Tipos de vegetación de México*. 1a edición digital, CONABIO, México.

SAGARPA, 2004. Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México. Pp. 112-125. En: *Monografías de coeficientes de agostadero 1971-1981*, SAGARPA, México.

Velázquez, A., Mas, J.F., Mayorga, S.R., Palacio, J.L., Bocco, G., Gómez, R.G., Luna, G.L., Trejo, I., López, G.J., Palma, M., Peralta, A., Prado, M.J. y González, M.F. 2001. El Inventario Forestal Nacional 2000. *Ciencias* 64:13-19, México.

Zamora, C.P. y Castillo-Campos, G. 1997. *Vegetación y flora del municipio de Tlalnelhuayocan, Veracruz.* Textos Universitarios. Universidad Veracruzana, Xalapa. 88 pp.

ANEXO

Experiencia de un ganadero de San Andrés Tlalnelhuayocan

Figura 1. a) Ganado lechero de don Patricio, b) límite entre una división pastoreada (izquierda) con cerco eléctrico y zona que sigue para pastorear (derecha).

Señor Patricio García Hernández. Comunidad: Mesa Chica, ejido San Antonio Hidalgo, municipio San Andrés Tlalnelhuayocan. Superficie de la parcela: 5 ha. Vegetación original: bosque mesófilo de montaña. Altitud: 1447 msnm. Participó activamente entre 2006 y 2010.

En el 2006 reforestó dos hectáreas de su terreno, al principio no estaba muy convencido porque decía que con cinco hectáreas de pasto no le alcanzaba para alimentar bien a sus vacas, al reducir su espacio se vería disminuida su producción y ganancia. Sembró árboles en la zona de barranca de su terreno con apoyo del programa Acuerdos por Nuestra Agua (ANA, antes PROSAPIX).[3] Este programa le proporcionó los árboles de especies locales de BMM, alambre de púas para cercar el área y dos mil pesos por hectárea para sembrar las plantas. En los siguientes cuatro años el mismo programa le dio dos mil pesos por hectárea al año para cuidar la reforestación.

Las dos hectáreas reforestadas colindan con el río Xocoyolapan (afluente del Pixquiac). En la parte de su terreno con pendiente más pronunciada y que no le servía muy bien como potrero, sembró 625 arbolitos por hectárea, de distintas especies del bosque de niebla. En el mismo año el ANA le apoyó para empezar a mejorar el pastoreo de su ganado, con la compra de un cerco eléctrico, semilla de pastos mejorados y pagó a un técnico para que le asesorara en la

3 El ANA es una iniciativa impulsada desde Sendas, A.C., el Instituto de investigaciones Sociales de la UNAM, e investigadores de la Universidad Veracruzana y del INECOL, A.C., que han trabajado con financiamiento del Ayuntamiento de Xalapa, el Gobierno de Veracruz y la CONAFOR. El objetivo del ANA es financiar las actividades del programa Gestión Integral de la Subcuenca del río Pixquiac.

rotación de potreros. Don Patricio considera que se han cumplido los objetivos que se propuso cuando se animó a reforestar: compensar la pérdida del área de pasto que se dedicó a la reforestación mediante la siembra de pastos de mejor calidad y sacándoles el mayor provecho mediante la rotación de áreas de pastoreo, usando el cerco eléctrico. En un lapso de tres años don Patricio pasó de tener seis vacas en cinco hectáreas a 14 cabezas dentro de poco menos de tres hectáreas, el rendimiento de su ordeña se incrementó casi al doble respecto a lo que lograba hace cinco años (Figura 1).

La parcela antes de la experiencia

Patricio utilizaba toda la extensión de su parcela (5 ha) para el pastoreo extensivo de 6 vacas y no existían árboles para darles sombra, apenas unos pocos huizaches que nacieron solos. Las vacas estaban flacas y ordeñaba aproximadamente 9 litros diarios (promedio de vaca por año) que apenas le alcanzaban para la venta y mantener a sus becerros, el ganado que tenía no era de una raza lechera, sino una "corrientita". Poco antes de poner el cerco se le había muerto una vaca por caída en la parte más inclinada de su terreno.

El cultivo de maíz, frijol y calabaza, también comenzaba a tener problemas, se dio cuenta de que la producción estaba disminuyendo, principalmente el de calabaza. Rotaba el ganado entre las subdivisiones de potrero (una hectárea cada una) y de barbecho (milpa). La madera que requería para el mantenimiento de su cercado la tenía que comprar a sus vecinos, algunas veces a altos costos.

Antes de usar el cerco eléctrico Patricio tenía que comprar y transportar forrajes entre octubre y mayo; alrededor de 60 cargas de camión con punta de caña, que le costaban cerca de 350 pesos cada una (más gasolina).

Después del sistema silvopastoril: reforestación y rotación de pastoreo con cerco eléctrico

De las cinco hectáreas de la parcela de don Patricio, dos están dentro del programa de reforestación del ANA, las tres hectáreas restantes las utiliza para mantener a sus vacas de manera intensiva, de las cuales media hectárea es para cultivar pasto de corte tipo Taiwán (*Penisetum purpureum*).

En las tres hectáreas de pastoreo incluye una zona de milpa para autoconsumo, tiene siete divisiones grandes con el cerco eléctrico donde realiza el pastoreo de sus animales (Figura 2).

Ahora alimenta en tres hectáreas 14 cabezas de ganado, más del doble al que tenía hace cinco años en 5 ha. La ordeña diaria que obtiene es entre 160 y 190 litros diarios en temporada "buena", en temporada baja ordeña entre 90 y 120 litros diarios de leche, aproximadamente.

En temporada buena don Patricio hace pequeñas divisiones de 2 x 50 metros, aproximadamente, dentro de una de las siete divisiones el hilo del cerco eléctrico lo va recorriendo un metro o dos por día. Cuando la distancia que va quedando atrás llega a seis metros, coloca otro hilo para que las vacas no regresen a pisotear donde ya comieron y el espacio siga siendo poco. Al cabo de un mes o mes y medio las vacas han recorrido las siete divisiones. En esta temporada no requiere de la compra de alimentos o forrajes externos, basta con el pasto que crece en el potrero y el de corte que crece en su parcela. En temporada "mala" (otoño-invierno) el ganado pastorea libremente dentro de una de las divisiones por aproximadamente una semana y complementa su alimentación con forrajes que él compra. Entre enero y mayo, semanalmente compra dos cargas de camión con punta de caña que le cuesta 350 pesos cada una, es decir, compra 40 cargas en total. Patricio gasta más 12 mil pesos durante la época mala. Normalmente en la temporada mala sus gastos son mayores a sus ganancias y en la temporada buena sus ganancias le permiten reponerse.

Valoración de la experiencia

Patricio considera que le va muy bien con estos cambios implementados. Con el cercado eléctrico ve que las vacas no pisan tanto el pasto y se aprovechan mejor. También ahorra en postes, alambre de púas y mano de obra; con el cercado tradicional estos insumos se incrementan considerablemente. Patricio sabe bien que las vacas en pastoreo libre gastan mucha energía caminando, lo que significa menor producción de leche, en cambio, con el cerco eléctrico no corren mucho y las calorías se traducen en una mejor ordeña.

La leche que ordeña la vende a 4 pesos por litro, a un acaparador que a su vez la vende a la Nestlé®. En cambio, cuando la vende a otros corre el riesgo de que le queden a deber o al final no le paguen. Patricio ve como problema que el alimento que compra es muy caro y que la leche la vende a un precio muy bajo.

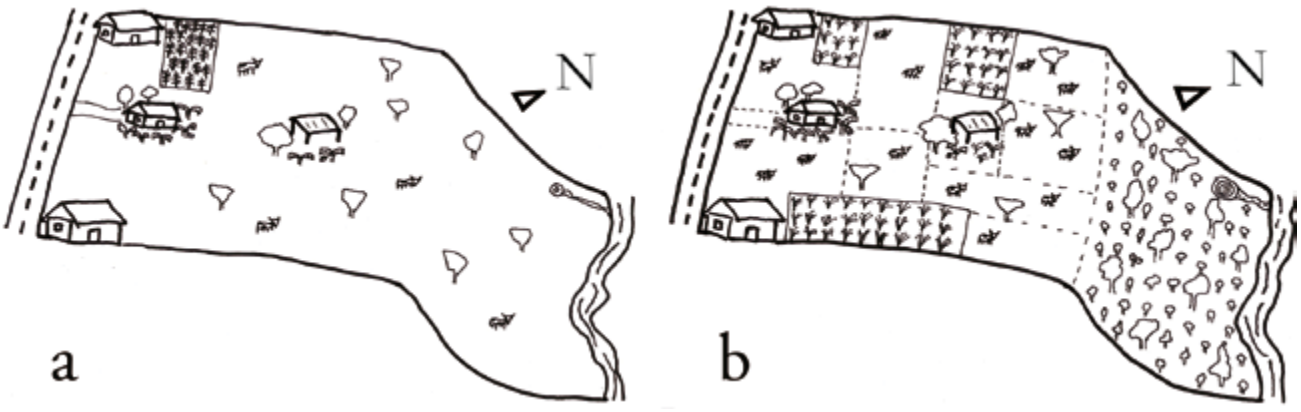

Figura 2. Esquema de la parcela de don Patricio, a) mostrando los cambios antes, b) después del modelo silvopastoril.

Los pastos

Patricio utiliza un pasto de corte tipo Taiwán (*Pennisetum purpureum*; Figura 3*a*), cuya longitud óptima de corte para alimentar a sus vacas es de 120 cm. Otros pastos que ha sembrado son el kikuyo (*Penisetum clandestinum*) y el pasto estrella (*Cinodon plectostachius*), ambos tienen un tamaño óptimo para el pastoreo entre 10 y 20 cm de largo (cuando el pasto tiene mejor valor nutricional); en ambos casos se pastorea a los animales directamente; el cerco eléctrico permite regular el momento para dejar entrar a las vacas en cada área. El pasto que crece de forma natural en la parcela es el pasto sabana, que de acuerdo con el productor no sirve para tener un ganado sano, no estimula la producción de leche y no crece más de 10 o 15 centímetros.

Los árboles

Patricio se siente contento con la presencia de árboles en su terreno, porque le dan belleza y sombra, además le ahorran la compra de los postes que necesita para su cercado. En las partes en que sembró árboles (encinos, hayas, marangolas, cipreses, etc.), ha observado que otras especies se están estableciendo de manera natural, enriqueciendo su reforestación, como el liquidámbar, ixpepe y otras especies (Figura 3*b*). También los árboles le proveen de la leña que necesita para uso doméstico. Esta zona es visitada por tlacuaches, zorras, mapaches, armadillos, ardillas y distintas especies de aves. En la parte más baja de su terreno, cerca del río Xocoyolapan, hay un nacimiento de agua, el cual comenzaba a secarse antes de la reforestación, ahora tiene agua durante todo el año.

El único árbol que Patricio ha utilizado para alimentar a sus vacas es el ixpepe (*Trema micrantha*) que es buen forraje y le gusta a las vacas, pero dice que es tóxico para cualquier otro tipo de ganado. Lo considera como un alimento complementario, pero no para sostener su ganado. Sabe de otro árbol conocido

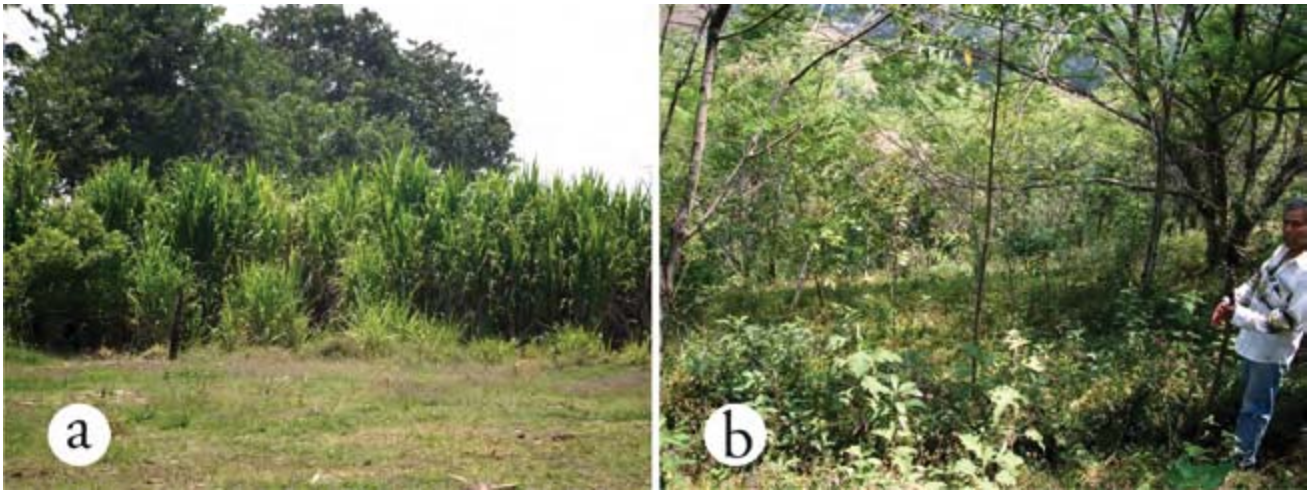

Figura 3. a) Zona con pastos de corte (Taiwán), b) vista del área de reforestación.

en la región como pepicho, moquillo o clavas (que da unas frutitas dulces comestibles), que es bueno para alimentar el ganado, pero aún no tiene árboles grandes en su parcela, sólo algunas plántulas de este árbol están creciendo de manera natural en la zona de reforestación.

Ventajas de la reforestación y el cerco eléctrico, percibidas por el productor

- Menor cantidad de postes, alambre y mano de obra requeridos para el cercado.
- Menor cantidad de forrajes externos requeridos, antes requería de 60 cargas de camión al año, ahora sólo requiere 40.
- La temporada en que requiere comprar forrajes se redujo de 8 a 5 meses.
- Mayor cantidad de ganado (más del doble) en menor espacio requerido.
- La cantidad de leche ordeñada por vaca siguió igual, pero casi se duplicó por tener ahora más vacas.
- El manantial que está en el terreno ya no se seca en temporada de estiaje.
- Obtención de postes y leña de los árboles que crecen en la reforestación.
- Mejor manejo de los pastos; más sanos y presencia de especies de mejor rendimiento.

La ganadería en Papantla, Veracruz:
POSIBILIDADES PARA LA SOSTENIBILIDAD

Lizbeth González-Gómez, Federico Escobar, Daniel González-Tokman, Imelda Martínez Morales, Sandra D. Almendarez Rocha, Magdalena Cruz Rosales

La ganadería es la actividad de mayor consumo de los recursos naturales a nivel mundial. El área total de las tierras ocupadas por los pastizales equivale a 30% de la superficie terrestre que no está cubierta por hielo (Teillard *et al.,* 2016). Actualmente en México, la producción de ganado bovino ocupa más de 50% del territorio nacional, con un estimado de 32 millones de cabezas de ganado; la producción anual de leche alcanza los 10,800 millones de litros y la producción de carne 1.8 millones de toneladas (González *et al.,* 2015). Se estima que en el estado de Veracruz existen alrededor de 3.4 millones de cabezas de ganado bovino y a nivel nacional es el principal productor de carne en canal (252,402 toneladas) y el sexto lugar en producción de leche (782,832 miles de litros; SIAP, 2017).

El ganando fue introducido al país poco después de la conquista española, haciendo su entrada por el puerto de la Villa Rica de la Vera Cruz, donde se establecieron tres enclaves de ganaderos en la entidad: la región del Pánuco en el norte; los llanos de Almería (actualmente Misantla, Vega de Alatorre y Nautla) en el centro y la cuenca del Papaloapan al sur del estado. Estos enclaves tenían características ecológicas similares a las tierras bajas de Andalucía, lo que facilitó que el ganado traído de esta región se adaptara fácilmente en la Nueva España. En ese periodo se estimaba que en el centro del país existían 1.3 millones de cabezas de ganado bovino, aunque la producción de borregos y cabras predominaba, con un estimado de 8.1 millones de cabezas (Barrera-Bassols, 1996; Favila, 2012).

El crecimiento de la ganadería durante la colonia novohispana implicó la transformación de grandes extensiones de vegetación original a pastizales (Barrera-Bassols, 1996). Hasta la fecha, la producción ganadera se ha basado en el uso indiscriminado de los recursos naturales, a un ritmo que supera ampliamente la capacidad de regeneración de los mismos (Guevara y Moreno-Casasola, 2008). A escala del paisaje, la necesidad del sector por procurar fuentes de alimento para el ganado implicó la expansión de los pastizales a costa de áreas de bosques y selvas en el trópico mexicano, lo cual ha fragmentado los ecosistemas originales en parches de tamaño variable rodeados por potreros, algunas veces con

árboles aislados remanentes del dosel original, lo cual ha contribuido a la pérdida de hábitat con consecuencias negativas para la biodiversidad y las funciones del ecosistema (Hernández, 2001; Teillard *et al*., 2016).

Por otra parte, el uso excesivo de insumos utilizados para la producción ganadera, tales como fertilizantes, herbicidas y desparasitantes, que contienen lactonas macrocíclicas, así como algunas prácticas de manejo como la quema de pastizales y la sobrecarga de ganado, impactan directa y negativamente, tanto a la diversidad de los organismos del suelo como a los procesos ecológicos que ocurren en los pastizales. Lo anterior tiene como consecuencia la erosión y compactación del suelo, la pérdida de diversidad de plantas e insectos que contribuyen con el ciclaje de nutrientes, la contaminación de fuentes de agua, entre otros efectos que limitan la productividad de los pastos y el bienestar del ganado (Chapin *et al.,* 2000; Herzog *et al.,* 2006; Blüthgen *et al*., 2012; Frank *et al.,* 2017).

Recientemente, un grupo importante de ganaderos del municipio de Papantla, en el estado de Veracruz, se han percatado que las prácticas de manejo de la ganadería extensiva implementadas durante las últimas décadas han tenido consecuencias negativas, tanto en la productividad de los pastizales como en la diversidad de flora y fauna, dentro y alrededor de las áreas productivas, así como en la conservación y calidad de las fuentes de agua. Por tal motivo, se encuentran en la búsqueda y exploración de alternativas que les permitan mantener o recuperar la calidad de sus pastizales, a la vez que se reduzcan los efectos negativos asociados a la producción extensiva. Esta contribución tiene como objetivo identificar las prácticas ganaderas actuales en la zona ganadera de Papantla y delinear estrategias que permitan a los productores transitar del manejo ganadero actual hacia un manejo más sostenible, que considere no sólo los beneficios económicos sino también la conservación de la biodiversidad y la integridad ecológica de los servicios ambientales derivados de su conservación (Hernández, 2001).

Este estudio está basado en un diagnóstico de las prácticas ganaderas de 24 ranchos de la región, a través de un enfoque socio-ecosistémico, en el cual se analizan los procesos, las funciones y las interacciones esenciales entre la biodiversidad y su ambiente; además, se reconoce a los humanos con su diversidad cultural, como un componente integrante de los ecosistemas (Newing, 2010). El propósito es contar con una base de conocimiento con la cual sea posible sustentar la toma de decisiones que permitan modificar las prácticas de manejo y transitar hacia una ganadería sustentable, tal como ha sucedido con éxito en otros países latinoamericanos.

Papantla: clima y usos del suelo

El municipio de Papantla, Veracruz, tiene una extensión de 1,445 km^2. Se encuentra a una altitud promedio de 180 msnm, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, llamada localmente Sierra de Papantla. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un intervalo de temperatura de 24 a 26 °C y una precipitación media anual entre 1100 y los 1600 mm (CEIEG, 2016).

Se cuenta con el registro histórico de la presencia de selva alta perennifolia en el municipio y del aprovechamiento de recursos naturales, básicamente para agricultura, por parte de la cultura totonaca que data de tiempos prehispánicos (750 y 800 d.C.). Posteriormente, se le sumó la ganadería con la llegada de los españoles a México (Barrera-Bassols, 1996; Domínguez *et al*., 2011). En el siglo XVIII existieron 14 grandes ranchos en el municipio, cuya actividad ganadera chocaba con las actividades económicas de las poblaciones indígenas, que eran propietarias de cerca de 24,000 ha donde predominaba la selva tropical y cerca de 200 ha de cultivos de maíz, vainilla y pastizales, aunque no queda claro si ellos manejaban ganado en esos pastizales (Ortiz y Jímenez, 2012).

Entre 1968 y 1992 las prácticas tradicionales de manejo de la tierra realizadas por las comunidades rurales de la región del Totonacapan, a la cual pertenece Papantla, fueron sustituidas por la actividad ganadera semi-intensiva (Ortiz y Jímenez, 2012). Con este cambio de manejo se aceleró la pérdida de la superficie total de la vegetación nativa y de otros usos de suelo, a costa del incrementó del área total de los pastizales, simplificando notablemente el paisaje (Ortiz y Jímenez, 2012). Un análisis efectuado sobre una imagen satelital Sentinel-2 del 2017 y ArcGIS 10.4 (ESRI, 2016) a escala del paisaje, presentes en el muni-

cipio de Papantla (González-Gómez, s/a), muestra *grosso modo* que cerca de 82% corresponde a tierras modificadas para cultivos (maíz, naranjo, cedro, entre otros) y pastizales, así como asentamientos humanos y carreteras. Tan sólo 18% corresponde a bosques en diferentes estados de conservación (Figura 1).

El diagnóstico socioeconómico y las prácticas de manejo

Para identificar las prácticas de manejo en los ranchos ganaderos se aplicó una encuesta (Anexo 1) y se realizaron entrevistas semiestructuradas durante los meses de julio y septiembre de 2017, a 24 productores que están en contacto con la Asociación Ganadera Local de Papantla, fueran socios o no. Cuando fue posible los datos obtenidos fueron validados a través de la triangulación de información con los dueños de los ranchos y los vaqueros o administradores de los mismos, así como con la observación y notas de campo recopiladas durante los recorridos y visitas a cada uno de los ranchos.

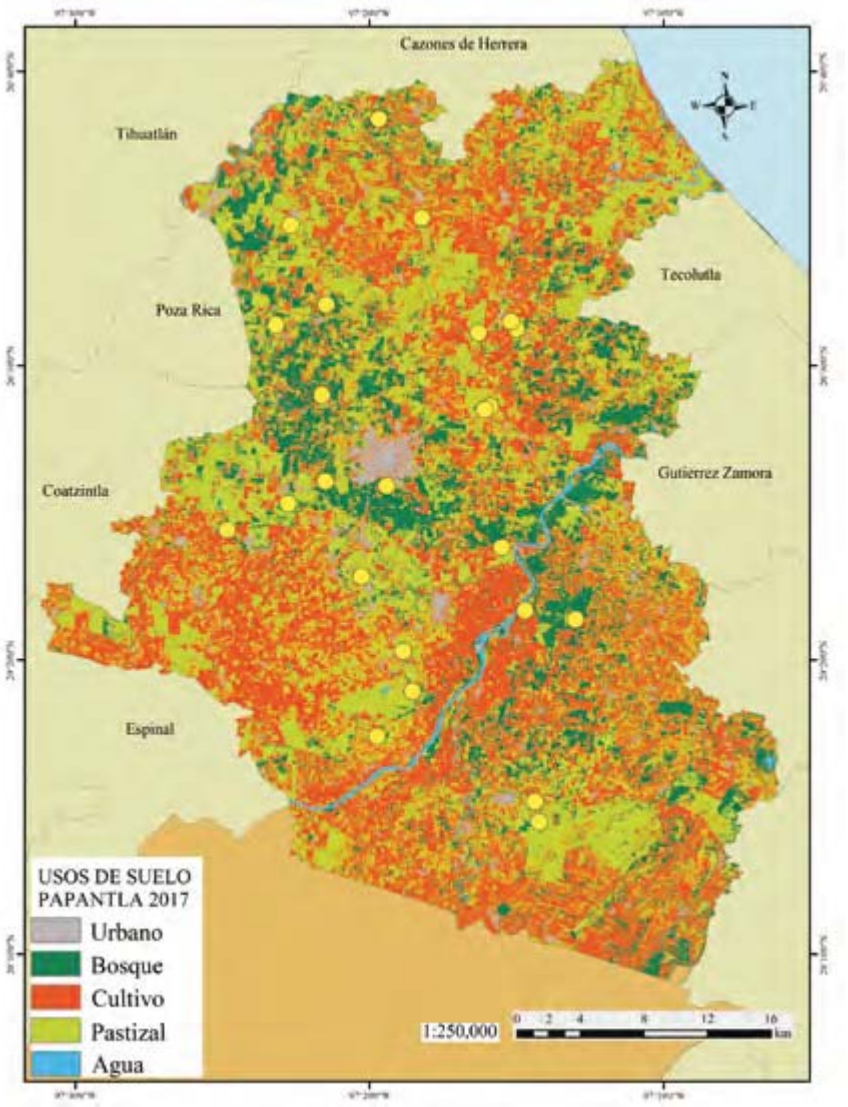

Figura 1. Usos del suelo identificados en Papantla, Veracruz, utilizando la imagen del satélite Sentinel 2 (julio 2017); los círculos en amarillo indican los ranchos visitados.

Régimen de propiedad, extensión de los ranchos y área de pastizales

El régimen de propiedad de 22 de los 24 ranchos visitados es privado y dos son de régimen ejidal. Algunos productores rentan potreros para la rotación del ganado o para dividirlo según sexo y edad. Un 39% de los encuestados afirmó ser dueño o administrador del rancho desde hace más de 20 años, aunque en algunos casos la propiedad ha estado en la familia desde hace más tiempo. Ninguno de los encuestados reportó haber realizado desmonte en sus ranchos, ya que los terrenos ya eran pastizales cuando empezaron sus actividades.

La extensión de los ranchos varió entre 10 y 300 ha de terreno y una proporción importante de ellos (62%) tiene menos de 50 ha. En general, predominan ranchos que han destinado entre 10 y 20 ha para pastizales. Todos los ranchos visitados cuentan con un área de corrales para manejo del ganado (chequeos veterinarios, desparasitaciones, ordeña, colocación de aretes e identificación, entre otros) y para almacenaje de material y equipo, que ocupa de 0.5 a 1 ha del terreno. Trece de ellos tienen también áreas destinadas a cultivos de apoyo (pastos de corte y de maíz), que sirven como complemento de la dieta del ganado (Figura 2).

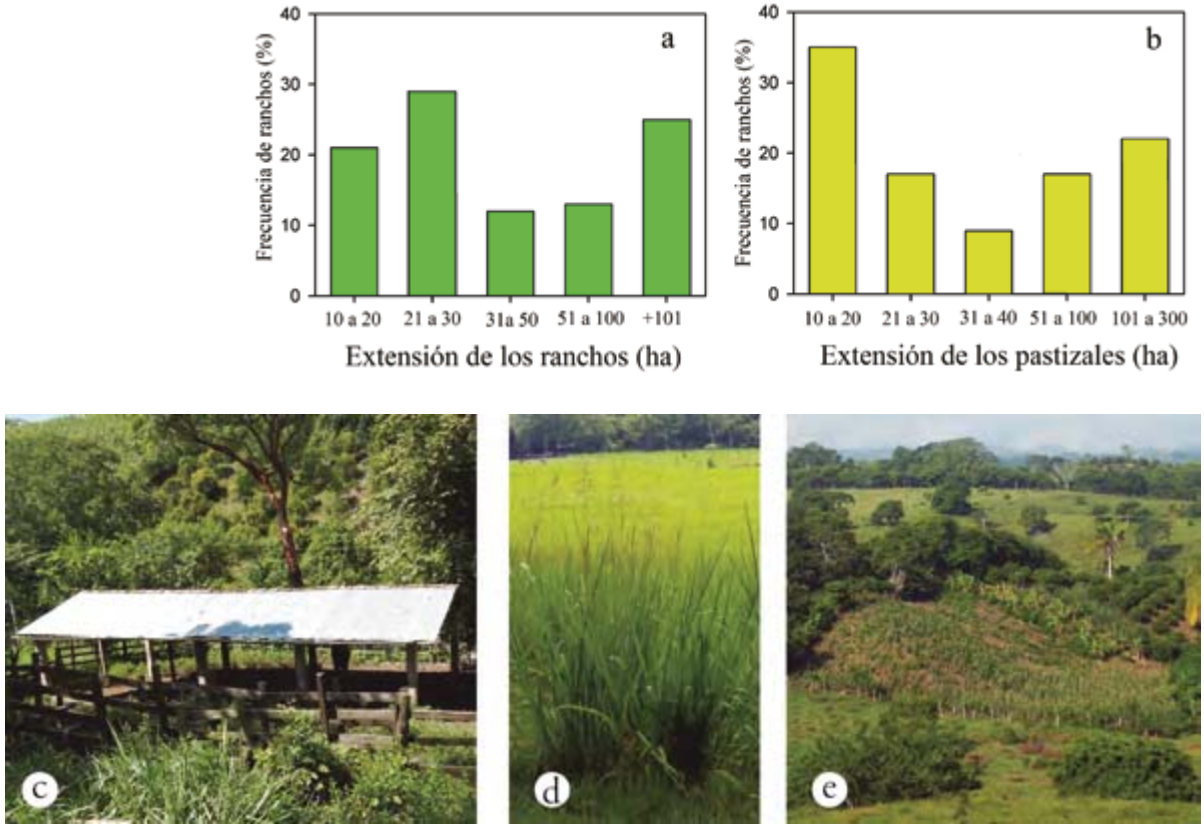

Figura 2. Características de los ranchos ganaderos estudiados en Papantla, Veracruz: a) superficie del terreno, b) superficie de pastizales, c) área para manejo del ganado y cultivos de apoyo como d) pasto de corte y e) maíz (Fotos: R. Madrigal).

Tipo de pastos

Los ganaderos encuestados mencionaron 16 variedades de pastos, de los cuales el pasto estrella e insurgente son los más utilizados (Cuadro 1). Un 62% de los ranchos cuentan con dos o tres variedades de pastos, con el propósito principal de tener suficiente alimento para el ganado durante los periodos de secas. Además, algunos productores perciben la siembra de más de una variedad de pasto, como una estrategia que sirve para amortiguar los efectos de insectos plaga, tales como el gusano medidor (*Trichoplusia ni,* Lepidoptera: Noctuidae) y el "salivazo" o la mosca pinta (Hemiptera: Cercopidae).

Cuadro 1. *Especies de pastos comúnmente utilizados en los ranchos ganaderos de Papantla, Veracruz. Se indica el número de ranchos que emplean las diferentes especies.*

Nombre común	Nombre científico	Núm. de ranchos
Estrella/estrella mejorado	*Cynodon niemfluensis* Vanderyst	19
Insurgente	*Bracharia brizantha* Stapf	15
Grama	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	4
Maralfalfa	*Pennisetum purpureum* Schumacher	4
Taiwán	*Pennisetum* sp.	5
Mg5	*Brachiaria brizantha* cv. Xaraes	1
Mombasa	*Panicum maximun* Jacq.	5
Mulato II	*Brachiaria* híbrido CIAT 36087	3
Braquiaria	*Brachiaria* sp.	1
Piata	*Brachiaria brizantha* cv. Piata	1
Zacate amargo	*Calea zacatechichi*	1
Pangola	*Digitaria eriantha*	2
Humidícola	*Brachiaria humidicola* Rendle Schweickerdt	1
Tanzania	*Panicum maximum* cv. Tanzania	1
Mulato	*Brachiaria* híbrido CIAT 36061	1
Trencilla	*Paspalum notatum* Flüggé	1
Zacate fino	Sin identificar	1

Árboles y sus usos

Los encuestados mencionaron 49 especies diferentes de árboles, de los cuales 20 son comunes en los ranchos y siete de ellos son los más frecuentes (chaca: *Bursera simaruba;* cedro: *Cedrela odorata;* cocuite: *Gliricidia sepium,* chijol: *Piscidia grandifolia;* chote: *Parmentiera aculeata y* guásima: *Guazima ulmifolia*; Cuadro 2). Todos los ganaderos indicaron que cuentan con árboles de varias especies dispersos en los pastizales para dar sombra al ganado, de los cuales en caso de quiebre de ramas o daños por algún evento climático, se aprovecha la madera. En 23 de los 24 ranchos encuestados existen cercas vivas para delimitar los

terrenos y lotes de pastoreo, siendo la chaca y el cocuite las especies más utilizadas para dicho fin (Figura 3). Únicamente tres ganaderos indicaron tener cultivos forestales (naranjo y cedros); sin embargo, comentaron que no hacen aprovechamiento comercial de ellos, ya que requiere conseguir mano de obra extra o algún permiso adicional.

Cuadro 2. *Especies de árboles más frecuentes encontrados en los ranchos estudiados en Papantla, Veracruz. Se presenta el número de ranchos donde están presentes.*

Nombre común	Nombre científico	Núm. de ranchos
Chaca	*Bursera simaruba*	21
Cedro	*Cedrela odorata*	20
Cocuite / Palo de sol	*Gliricidia* sp.	19
Chijol	*Piscidia grandifolia*	18
Chote	*Parmentiera aculeata*	16
Guásima	*Guazuma ulmifolia*	12
Mango	*Manguifera indica*	11
Higuera	*Ficus* sp.	10
Aguacate	*Persea americana*	8
Jobo	*Spondias mombin*	8
Ceiba	*Ceiba pentandra*	7
Zapote	*Pouteria* sp.	7
Caoba	*Swietenia macrophylla*	5
Alzaprima	*Carpodiptera ameliae*	4
Limón	*Citrus* sp.	4
Tarro / Otate	*Guardua* sp.	4
Laurel	*Laurus nobilis*	3
Pagua	*Persea schiedeana*	3
Espino blanco	*Crataegus monogyna*	3
Encino	*Quercus* sp.	3

Los ganaderos que tienen potreros cerca de manantiales y arroyos indicaron que conservan la vegetación que crece junto a ellos, para que el cauce no se seque y el agua se mantenga limpia y fresca, así el ganado la aprovecha directamente. En caso de no tener fuentes de agua en el rancho, este recurso se suministra a los animales en bebederos (Figura 4). Según la percepción de 87% de los ganaderos, el agua es limpia y se puede utilizar para el ganado sin inconvenientes. Este recurso está siempre disponible en 20 de los 24 ranchos, mientras que en el resto se seca periódicamente. Solo cinco productores pagan por suministrar agua al ganado.

Manejo y mantenimiento de los potreros

Se detectaron tres actividades principales de mantenimiento de los potreros: el chapeo, la aplicación de herbicidas y la aplicación de fertilizantes. Estas activi-

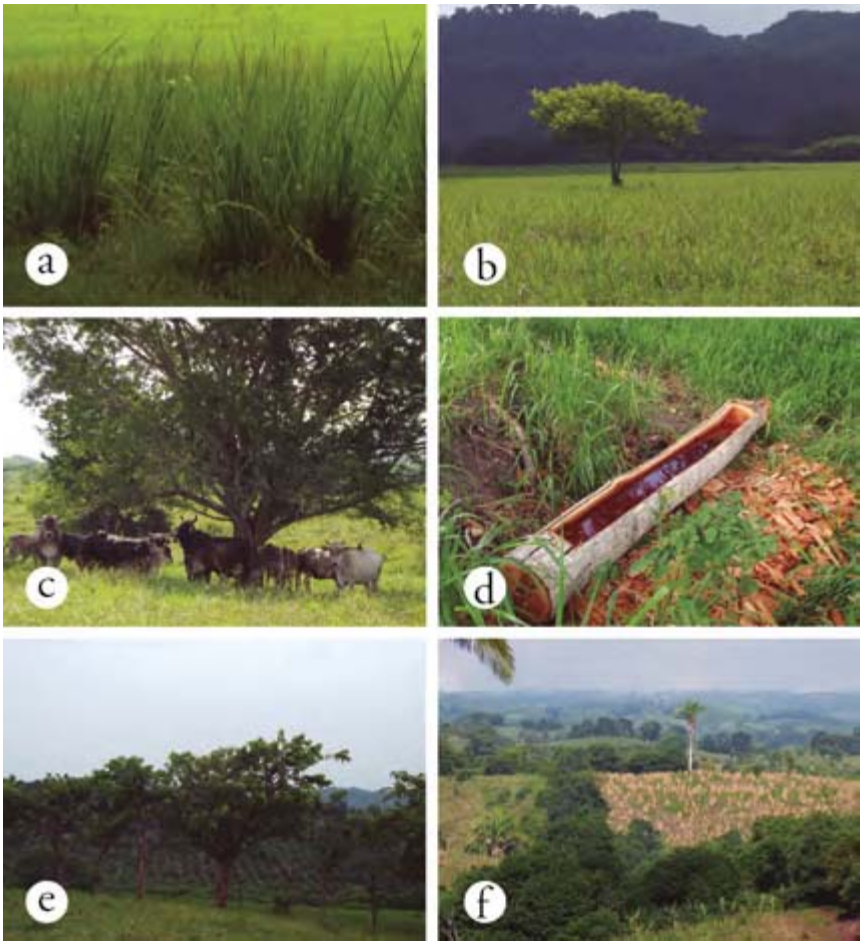

Figura 3. Papantla, Veracruz: a) pasto de corte, b) y c) árboles aislados en los potreros que aportan sombra para el ganado, d) aprovechamiento de la madera, e) y f) cercas vivas (Fotos: R. *Madrigal).*

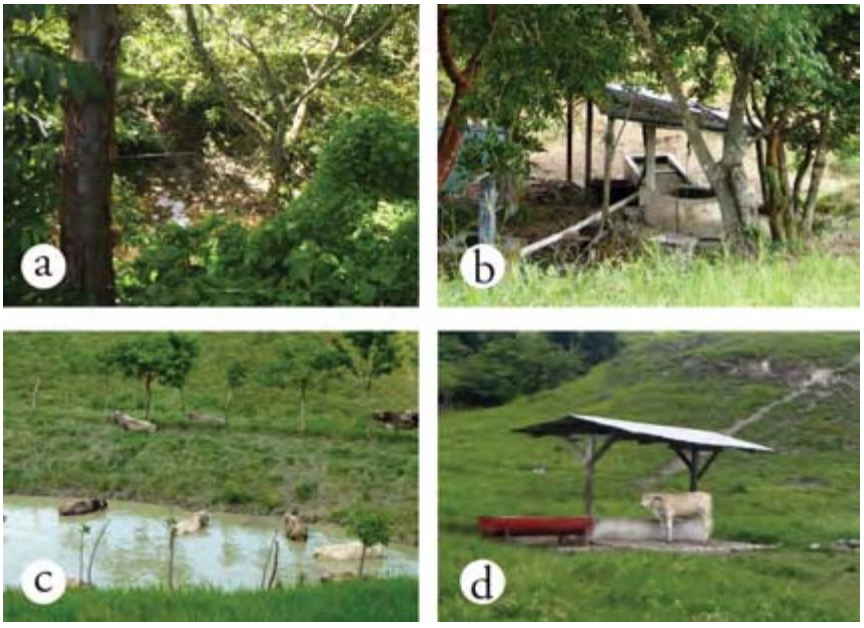

Figura 4. Fuentes de agua en los ranchos estudiados en Papantla, Veracruz: a) arroyo, b) pozo, c) olla y d) bebederos para el ganado (Fotos: R. *Madrigal).*

dades son fuente de empleo temporal para gente de las comunidades aledañas a los ranchos. La mayoría de los ganaderos chapean sus potreros una vez al año (Figura 5*a*), pero debido a la topografía de la región, son pocos los ranchos que pueden realizar esta actividad con tractores, por lo que la mayoría realizan el chapeo de forma manual. Ninguno de los ganaderos encuestados realiza quemas de los pastizales, sin embargo, observaciones en campo durante los recorridos en la región indicaron que esta actividad es utilizada con frecuencia en la agricultura y todavía se practica en algunos potreros del municipio.

Casi 29% de los ganaderos ha dejado de utilizar herbicidas en años recientes (entre uno y cinco años, aproximadamente) ya sea porque han recibido información acerca de los efectos nocivos de estos productos químicos o porque cambiaron a un sistema de pastoreo que reduce o evita el uso de estos productos. Un 46% de ellos solo realiza una aplicación al año (Figura 5*b*). Nueve de los encuestados (37.5%) aplica herbicidas en las secciones de pastizal donde consideran que es necesario, con el fin de ahorrar en la compra del producto y en mano de obra. La aplicación de estos productos se realiza por lo general durante la temporada de lluvias (entre julio y agosto) y los productos más utilizados son aquellos que contienen Picloram y Triclopyr como principio activo. Fue interesante encontrar que 58% de los ganaderos no utiliza fertilizantes químicos, mientras que aquellos que sí lo hacen emplean urea o abono elaborado a partir del estiércol del ganado y otros desechos orgánicos (Figura 5*c*). El número de aplicaciones de fertilizantes varía entre una a cuatro veces por año.

Manejo del ganado

En el caso de los ganaderos de Papantla, predominan aquellos que poseen ranchos dedicados a producir pie de cría (63%) y otros al sistema de doble propósito, para la producción de leche y carne (25%), únicamente dos ranchos se dedican a pie de cría y engorda y uno solo a la producción de leche. De acuerdo con los encuestados, el ganado que se produce en Papantla cumple con todos los requisitos que señalan las normas de exportación de carne, pero debido a cambios en el mercado, en la década pasada, dicen que "vale lo mismo la cría y la vaca para consumo, pero engordarla cuesta más", por lo que la producción de pie de cría es

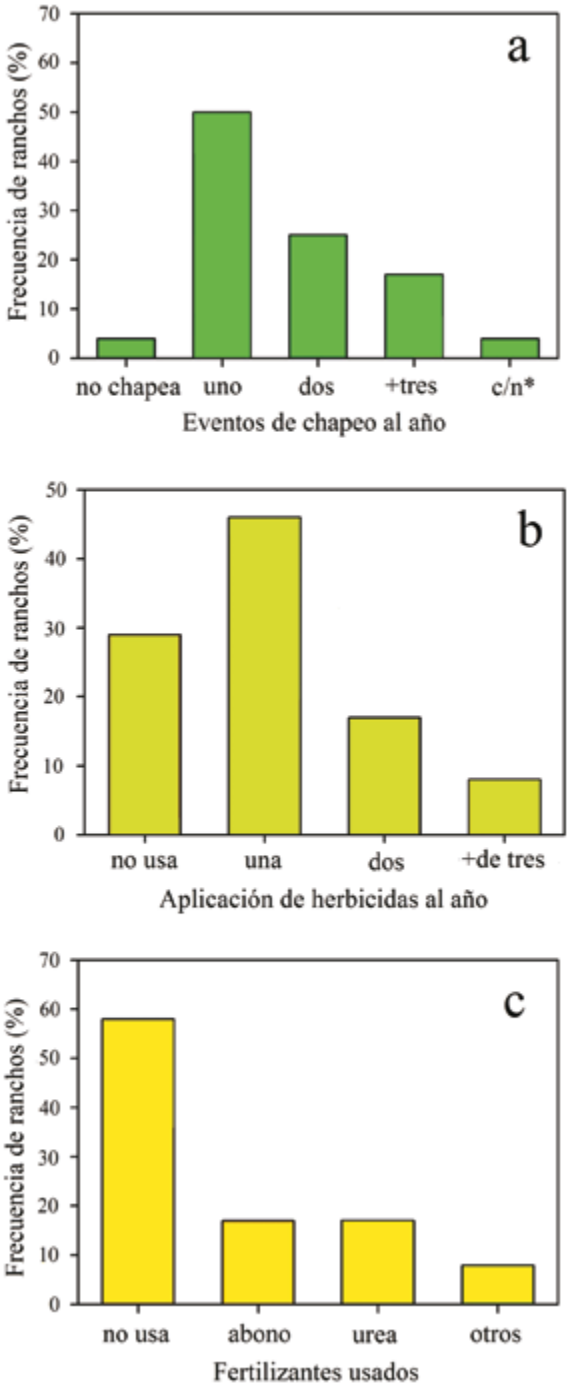

Figura 5. Manejo de los pastizales de Papantla, Veracruz: a) número de eventos de chapeo al año, b) aplicaciones anuales de herbicidas y c) tipos de fertilizantes empleados en los pastizales (= cuando es necesario).*

Cuadro 3. *Razas de ganado utilizadas en los ranchos estudiados de Papantla, Veracruz.*

Raza de ganado	Núm. de ranchos que la producen
Suizo-cebú	6
Beefmaster	6
Suizo-americano	3
Charolaise	4
Brahman	2
Angus	2
Suizo	2
Cebú-europeo	1
Cebú-suizo	1
Brahman-europeo	1
Europeo-Charolaise-Asiático	1
Suizo-holandés	1
Suizo-Brahman	1
Charbray	1
Brangus	1
Limousin	1
Holstein	1
Girolando	1
Guzerat	1

cada vez más común en la zona. Por otra parte, señalaron que la producción únicamente de leche es complicada ya que debido a las temperatura y humedad que predominan en la región "a las razas (de ganado) que producen más litros de leche les va mal", es por ello que implementan sistemas de doble propósito en los que predominan las razas cebuinas y sus cruzas (Cuadro 3), las cuales según su experiencia son más tolerantes a las condiciones ambientales.

Sistemas de pastoreo empleados

Se identificaron tres sistemas principales de pastoreo: 1) extensivo (48%), en el cual los animales pastan libremente en grandes extensiones de pastizal; 2) semi-intensivo (26%), en el que se combina el pastoreo con una suplementación de alimento en comederos (hoja de maíz, cáscara de naranja, entre otros) y 3) pastoreo tecnificado (26%), también conocido como sistemas de rotación rápida o pastoreo rotacional intensivo, que se caracteriza por tener un gran número de divisiones en el pastizal (entre 20 y 141 divisiones en los ranchos visitados). En este sistema el ganado pastorea en una división por un tiempo corto, lo que permite la recuperación del pasto (González *et al*., 2015; Teillard *et al.,* 2016).

Control de parásitos del ganado

Los productos veterinarios que los ganaderos utilizan para el control de parásitos internos del ganado

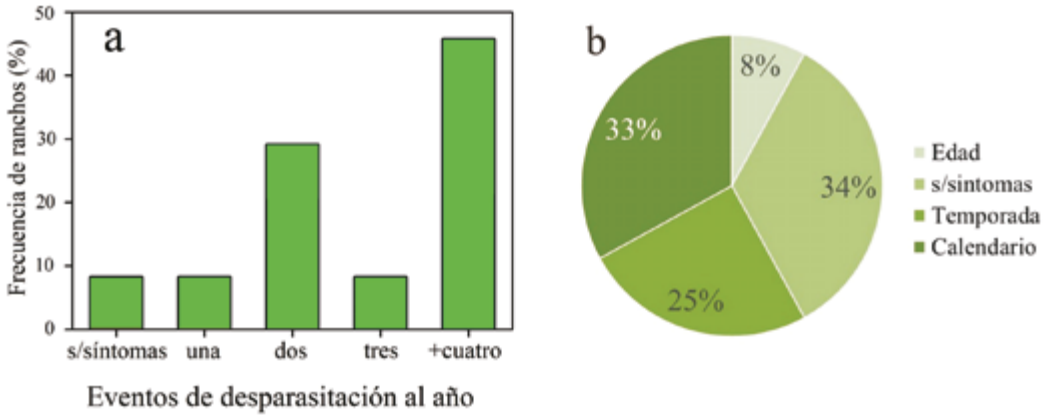

*Figura 6. Aplicaciones de desparasitantes en los ranchos estudiados en Papantla, Veracruz: a) número de ranchos según el número de aplicaciones anuales del desparasitante, b) motivos por los cuales desparasitan al ganado. (*S/síntomas = según los síntomas).*

se basan en lactonas macrocíclicas (ivermectina y doramectina), imidazol y bencimidazol. Algunos usan más de un producto al año para evitar que los parásitos adquieran resistencia (Figura 6a). Un 46% de los encuestados desparasitan cuatro veces al año o más, principalmente porque llevan un calendario prestablecido por ellos mismos o por recomendación veterinaria (33%) o según los síntomas (34%; Figura 6b).

Los principales parásitos externos que generan problemas al ganado, de acuerdo con los ganaderos, son las garrapatas (*Riphicephalus* (*Boophilus*) *microplus*) y la mosca del cuerno (*Haematobia irritans*). Todos los ganaderos utilizan insecticidas, para el control de dichos parásitos, que aplican mediante baños generalmente utilizando bombas de aspersión. Del total de encuestados, 14 productores utilizan productos cuyo componente activo es el amitraz, miembro de la familia química de las amidinas. Es importante señalar que en humanos, los estudios indican que esta sustancia, a dosis de 0.25 mg/kg, puede causar en pocas horas síntomas adrenérgicos (sudor frío, palpitaciones [taquicardia], ansiedad, irritabilidad o temblores), incluso la pérdida de la conciencia; por lo tanto, una tarea urgente es la concientización sobre los peligros del uso indiscriminado de este tipo de sustancias.

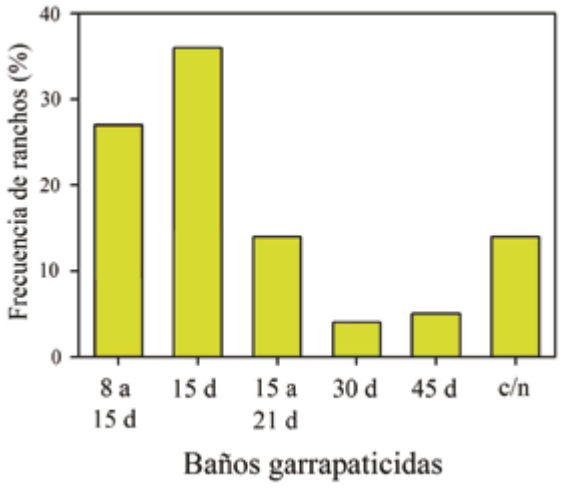

Figura 7. Aplicación de garrapaticidas al ganado en los ranchos de Papantla, Veracruz. (c/n = cuando es necesario).

Recientemente algunos ganaderos han optado por utilizar productos de origen botánico. En general, utilizan varios productos con diferente compuesto activo para evitar que los parásitos desarrollen resistencia a éstos. Una pequeña fracción de ganaderos utiliza productos como cloro y limpiador de pino, junto con los productos de uso veterinario, buscando mejores resultados, pero se desconocen sus posibles efectos en humanos.

El 36% de los ganaderos aplica los baños insecticidas cada 15 días exactos, uno de ellos explicó que este periodo de tiempo fue determinado en un programa nacional para el control de la garrapata, que después se convirtió en la Norma Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1994. Sin embargo, esta norma fue cancelada en 2012 y sustituida por un acuerdo en el que se establece la Campaña Nacional para el Control de la Garrapata *Boophilus* sp. (DOF, 2013). Aunque ningún otro productor hizo mención de ésta o alguna otra normatividad; una gran parte de los ganaderos parece considerar que este periodo de tiempo es adecuado para que el ganado se mantenga libre de parásitos (Figura 7).

Reflexiones y planteamiento de estrategias: hacia una ganadería sostenible

Es importante mencionar que nuestro acercamiento a la problemática de la ganadería en el municipio de Papantla, tiene su origen en el interés genuino de los ganaderos por entender las consecuencias ambientales de la intensificación de las prácticas de producción ganadera en la región durante las últimas décadas. Un aspecto a favor de la posibilidad de transformar las prácticas ganaderas hacia una ganadería sustentable y amigable con el ambiente, es que los ganaderos ya han empezado a reflexionar sobre la baja productividad actual de los pastizales y los problemas socioecológicos que surgen con la pérdida de la vegetación nativa y la biodiversidad en general, además de los impactos a la salud humana y animal, por el uso indiscriminado de productos de uso veterinario para el ganado y agroquímico para los pastizales.

Uno de los aspectos más críticos de la región es la escasa presencia de áreas de selva y otros usos del suelo con árboles. Como es sabido, la presencia de áreas donde predominan árboles puede contribuir a recupe-

rar la biodiversidad, garantizar la integridad ecológica, así como la sustentabilidad económica y ecológica de los sistemas de producción ganadera, a largo plazo. A pesar del conocimiento de los ganaderos sobre la importancia de tener árboles en los potreros y de usar cercas vivas para proveer sombra a los animales, así como de su potencial como alimento, ninguno de los productores encuestados utiliza sistema silvopastoriles o agroforestales como parte de las estrategias de producción de ganado.

Las prácticas ganaderas en Papantla pueden mejorarse y a largo plazo convertirse en una estrategia para la restauración del ciclo de nutrientes y de la vegetación, a escala del paisaje, a la vez que dicho mejoramiento puede ofrecer mayor producción e ingresos económicos justos para los productores (FAO, 2015; Huerta *et al.,* 2016). Una de las mejores alternativas identificadas hasta el momento para disminuir los efectos ocasionados por los actuales modelos de producción ganadera, son los sistemas silvopastoriles (SSP), en los cuales se integra ganando con pastizales, arbustos forrajeros y especies maderables (Sánchez, 1999; Chará *et al.,* 2011; Calle *et al.,* 2012).

En los sistemas silvopastoriles es posible lograr una alta producción de biomasa y calidad nutritiva de los pastos (hasta 30 toneladas de MS/ha/año; López-Vigoa *et al.,* 2017). Asimismo, se han reportado en sistemas de doble propósito incrementos sustanciales en la ganancia de peso diario de los adultos, de hasta 200%, aumento en la producción diaria de leche de 84%, incremento en el número de cabezas por hectárea de los agostaderos de 75%, acortamiento de intervalos entre partos, así como aumento en las tasas de parición de 34% y de peso en animales finalizados de 12% (González *et al.,* 2015).

A nivel de bienestar animal, la sombra generada por los árboles reduce el riesgo de sobrecalentamiento del ganado, reduciendo la ansiedad y el estrés calórico al que se ve sometido en pastizales sin sombra (González *et al.,* 2015; Guevara *et al.,* 2016). Además, la calidad del forraje contribuye a la mejora en el balance de nutrientes en los animales, al estado de la condición corporal y a la respuesta inmune. Asimismo, la carne que se produce en este tipo de sistemas presenta mayores concentraciones de vitamina E y ácidos grasos poliinsaturados, así como carne magra con una grasa subcutánea de color deseable para el mercado (López-Vigoa *et al.,* 2017).

La implementación de los sistemas silvopastoriles presenta beneficios ambientales importantes, en contraste con los pastizales tradicionales, entre los que destacan el incremento de la cobertura vegetal, mejora de la calidad y cantidad de agua, la conservación de la biodiversidad y la reducción de gases con efecto invernadero (Chará *et al.,* 2011; Murgueitio *et al.,* 2015). Por otra parte, la presencia de árboles y arbustos, así como el tiempo de descanso del pastizal obtenido mediante la rotación de ganado, permite una mejoría en la estructura del suelo y un incremento de la fauna edáfica, como lombrices, escarabajos del estiércol y hormigas, entre muchas otras especies. Siendo estos organismos muy importantes por los servicios ambientales que brindan, así como por facilitar la degradación rápida del estiércol y la remoción de la tierra, con lo que contribu-

yen a la aireación y descompactación del suelo, además incrementan la fertilidad de los pastizales por la incorporación constante de nutrientes al suelo (Sánchez, 1999; Martínez y Lumaret, 2006; López-Vigoa *et al.,* 2017).

Dentro del grupo de ganaderos encuestados hay algunos que realizan prácticas de manejo que son un primer paso hacia la implementación de los sistemas silvopastoriles, las cuales se enlistan a continuación:

1. Renta de potreros para la rotación de ganado o para dividirlo según sexo y edad. Esta acción podría disminuir la deforestación de los remanentes de bosque que quedan en el municipio, al evitar el desmonte de nuevas áreas, aunque es necesario explorar esta posibilidad.

2. Uso de cercas vivas para señalar tanto los límites de sus ranchos como las divisiones de sus potreros. Este tipo de cercado implica un ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo ya que tienen mayor duración que los postes de otros materiales. Desde el punto de vista ecológico, estas cercas ayudan a la conectividad del paisaje, fungiendo como corredor biológico para diversas especies; además brindan sombra al ganado y sirven como barreras rompevientos (Guevara *et al.,* 2016).

3. Conservación de árboles aislados en los potreros. Además de brindar sombra al ganado, algunas especies de árboles pueden producir frutos y follaje para el animal, especialmente útiles en temporada seca. Además, estos árboles son refugio, descanso y fuente de alimento para aves, insectos, murciélagos y otros mamíferos pequeños que también ayudan a dispersar semillas y controlar plagas en los potreros (Guevara *et al*., 2016).

4. Uso de cascajo de naranja como suplemento alimenticio. El cultivo de cítricos es una actividad fuerte en la región, que genera residuos que pueden contaminar y albergar fauna nociva, así que al aprovechar el cascajo los ganaderos están contribuyendo a reducirlos, a la vez que generan ingresos extra para los productores de naranjo y obtienen alimento fácil para el ganado.

5. Manejo de malezas. Algunos productores han decidido evitar el uso de herbicidas y otros han disminuido el número de aplicaciones al año, lo que podría disminuir de alguna forma los impactos que estos químicos tienen en los ecosistemas, aunque para implementar un sistema silvopastoril es necesario evitar el uso de estas sustancias en su totalidad. La aplicación excesiva de herbicidas y otros plaguicidas incrementa el riesgo de contaminación de fuentes de agua y del suelo, por lo que también pueden afectar a especies que no son perjudiciales para los pastizales, alterando la diversidad de plantas y fauna que vive en el suelo (Herzog *et al.,* 2006).

6. Implementación de sistemas de pastoreo tecnificado o de rápida rotación. Este tipo de sistemas mantienen la eficiencia por unidad de superficie ya que disminuyen los niveles de pisoteo y compactación del suelo, a la vez que

permiten la infiltración del agua y el aire (Hernández, 2014). El cercado eléctrico móvil que se utiliza en este tipo de pastoreo permite un manejo flexible de los pastizales, aumentando o disminuyendo el área de pastoreo, dependiendo de la calidad del pasto según la temporada, lo que permite controlar la ingesta de alimento del ganado (Badgery *et al.,* 2017). Los ganaderos que utilizan este tipo de sistemas afirman que la biodiversidad de la fauna del suelo también aumenta ya que han vuelto a ver en sus pastizales lombrices y escarabajos que hacía mucho no veían.

Según comentan algunos ganaderos, se les ha entregado información referente a los sistemas silvopastoriles; sin embargo, fue posible percibir entre ellos cierta resistencia y desconfianza hacia su implementación. Entre los motivos expuestos se encuentran:

1. Se percibe a los sistemas silvopastoriles como una "receta", donde se les dirá qué especies de árboles plantar, dónde hacerlo, cómo manejar al ganado y el porcentaje de terreno que podrán ocupar para pastoreo, sin considerar sus conocimientos ni las condiciones de sus terrenos, por lo que predicen que estos sistemas no funcionarán. Frecuentemente se les escucha decir que: "lo que le funciona a uno no aplica aquí (en mi rancho), porque las condiciones son otras" y también que "vienen fulanos a ofrecernos alternativas que se oyen bonito, pero que en la realidad no funcionan, así que me quedo con lo que sé".

2. Los ganaderos asumen que perderán hectáreas de pastoreo para el ganado debido al cultivo de árboles y plantas forrajeras, además de que tardarán mucho tiempo en poder aprovecharlas. Asimismo, creen que tendrán que hacer una inversión fuerte para cultivar frutos o especies maderables que no tienen interés en comercializar. Consideran que después de años de ensayo y error, para encontrar el manejo que les permita mantener la producción de ganado que tienen en la actualidad, experimentar una nueva forma de manejo los hará "perder el terreno ganado".

3. Hay una negativa a dejar de utilizar herbicidas y productos de uso veterinario, como las ivermectinas, debido al temor de que las plagas se salgan de control y les sea imposible controlarlas después.

Ante estos temores, se espera que la presente contribución lleve a comprender a los ganaderos que los sistemas silvopastoriles no están alejados de las prácticas de manejo que ellos ya implementan y que lejos de ser una "receta", son sistemas flexibles que se desarrollan tomando en cuenta las condiciones climáticas, el paisaje y las características culturales de la zona donde se encuentran. El siguiente paso es implementar, de manera gradual y mediante un adecuado asesoramiento especializado, las prácticas de manejo necesarias para lograr una producción ganadera sustentable. Esto sólo será factible cuando los ganaderos comprendan que estos sistemas no solo buscan mejorar la producción y economía ganadera, sino también lograr un mayor bienestar social y del entorno ambiental.

Los ganaderos encuestados, como en general otros productores de la región, combinan su experiencia con nuevas iniciativas que se transmiten de manera verbal entre productores (Ortiz y Jímenez, 2012), aunque a menudo se genera competencia y rivalidad entre ellos por demostrar que la forma de manejar su rancho es la mejor. Esta es, a veces, la única manera de que la información se comparta ya sea sustentada con datos transmitidos en medios de comunicación locales o en pláticas que se imparten en las asociaciones ganaderas, basado a su vez en información científica o no. A partir de la información compartida, algunos ganaderos han decidido cambiar algunos aspectos de sus prácticas de manejo, tanto de los pastizales como del ganado, por lo que es importante utilizar estos canales de información para proporcionar información científicamente sustentada, para que sirva de guía y lograr cambios en la producción ganadera.

Agradecimiento. A Ricardo Madrigal por el apoyo en el trabajo de campo y la toma de todas las fotos.

Referencias

Badgery, A.W., Millar, G., Broadfoot, K., Martin, J., Pottie, D., Simmons, A. y Cranney, P. 2017. Better management of intensive rotational grazing systems maintains pastures and improves animal performance. *Crop and Pasture Science.* 68:1131-1140.

Barrera-Bassols, N. 1996. Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias*:14-27.

Blüthgen, N., Dormann, C.F., Prati, D., Klaus, V.H, Kleinebecker, T., Hölzel, N., Alt, F., Boch, S., Gockel, S., Hemp, A., Müller, J., Nieschulze, J., Renner, S.C., Schöning, I., Schumacher, U., Socher, S.A., Wells, K., Birkhofer, K., Oelmann, Y., Rothenwöhrer, C., Scherber, C., Tscharntke, T., Weiner, C.N., Fischer, M,. Kalko, E.K.V., Eduard, K., Schulze, E. y Weisser, W.W. 2012. A quantitative index of land-use intensity in grasslands: integrating mowing, grazing and fertilization. *Basic and Applied Ecology,* 13:207-220.

Calle, Z., Murgueitio, E. y Chará, J. 2012. Integración de las actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylva: Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales.* 63:31-40.

CEIEG. 2016. *Cuadernillos municipales: Papantla*. Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz. En: http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Papantla.pdf.

Chapin, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. y Díaz S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature,* 405:234-242.

Chará, J., Murgueitio, E., Zuluaga, A. y Giraldo, C. 2011. *Ganadería colombiana sostenible*. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 158 pp.

Domínguez, C. B., Nández, Y. C. y Velasco Toro, J. M. 2011. *Veracruz. Historia breve*. Fondo de Cultura Económica, México. 323 pp.

DOF (**Diario Oficial de la Federación**), 2013. Aviso de Cancelación de la Norma Oficial Mexicana NOM-019-ZOO-1994, Campaña Nacional Contra la Garrapata *Boophilus* spp. Publicado el 19/03/2013.

ESRI. (2016). ArcGIS desktop: Release 10.4. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FAO. 2015. La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. En: http://www.fao.org/3/a-i4997s.pdf.

Favila, M. E. 2012. Historical, biogeographical and ecological factors explain the success of some native dung beetles after the introduction of cattle in Mexico. *Pastos*. 42:161-180.

Frank, K., Hülsmann, M., Assmann, T., Schmitt, T. y Blüthgen, N. 2017. Land use affects dung beetle communities and their ecosystem service in forests and grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 243:114-122.

González, P. E., Dávalos, F. J. L. y Rodríguez, R. O. 2015. *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical.* Redgatro-Conacyt, México. 276 pp.

Guevara, S. y Moreno-Casasola, P. 2008. El dilema de los recursos naturales: la ganadería en el trópico de México. *Guaraguao*, 29:9-23.

Guevara, S., Moreno-Casasola, P., Escamilla, B. y Lazos, A. 2016. *Manual de buenas prácticas rurales.* INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, México. 50 pp.

Hernández, A. 2014. *Pastoreo Rotacional Intensivo*. En: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Pastoreo rotacional intensivo.pdf.

Hernández, L. 2001. *Historia ambiental de la ganadería en México*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. 276 pp.

Herzog, F., Steiner, B., Bailey, D., Baudry, J., Billeter, R., Buk, R., De Blust, G., Schmidt, T., Stöckli, R., Thenail, C., Van Wingerden, W. y Bugter, R. 2006. Assessing the intensity of temperate European agriculture at the landscape scale. *European Journal of Agronomy*, 24:165-181.

Huerta, C., Cruz, M., Escobar, F. y Arellano, L. 2016. ¿Qué se entiende por ganadería sustentable?. Pp 21-30. En: Huerta C., y Cruz, M. (Eds.). *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz.* Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México.

López-Vigoa, O., Sánchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, J. M., Lamela-López, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J. y Milera-Rodríguez, M. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y forrajes*, 40:83-95.

Martínez, I. y Lumaret, J.P. 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana,* 45:57-68.

Murgueitio, E., Barahona, R., Flores, M.X., Mauricio, R.M. y Molina, J.J. 2015. The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 49:541-554.

Newing, H. 2010. *Conducting research in conservation: social science methods and practice*. Routledge, Milton Park, Oxfordshire, Reino Unido.

Ortiz, B. y Jímenez M. 2012. The impact of raising cattle in the Totonacapan region of Mexico: historical development and approaches for a sustainable cattle ranching. *Pastos,* 42:273-297.

Sánchez, M. 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical. Pp. 1-52. En*:* Sánchez. M. y Rosales, M. (Eds.). *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. FAO, Roma.

SIAP. 2017. *Atlas Agroalimentario*. SAGARPA, México.

Teillard, F., Anton, A., Dumont, B., Finn, J.A., Henry, B., Souza, D.M., Manzano, P., Milà i Canals, L., Phelps, C., Said, M., Vijn, S. y White, S. 2016. *A review of indicators and methods to assess biodiversity, application to livestock production at global scale.* Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Roma.

INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A. C.
RED DE ECOETOLOGÍA

ENCUESTA SOBRE PRÁCTICAS GANADERAS

IMPORTANTE: **LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONE ES CONFIDENCIAL Y SIN FINES DE LUCRO**

Fecha de la encuesta _____ Nombre del encuestador: _____

DATOS DEL RANCHO

Nombre del rancho: _____ Municipio: _____
Dirección del rancho: _____ superficie del rancho: _____ (ha)
Nombre del propietario o responsable: _____edad: _____
Correo electrónico y/o celular para recibir información: _____
Años de ser el dueño o responsable del rancho: _____ # de personas de planta que trabajan ahí _____

DESCRIPCIÓN DEL RANCHO

¿Cuál es el **régimen de propiedad** del rancho? (PROPIEDAD PRIVADA) (EJIDAL) (ARRENDADO) (COMUNAL)
Qué **servicios urbanos** tiene: (ELECTRICIDAD) (AGUA POTABLE) (DRENAJE URBANO) (CAMINO ASFALTADO)
¿Qué **equipos** utiliza? (ASPERSOR PORTÁTIL) (CERCO ELÉCTRICO) (ORDEÑADORA MECÁNICA) (TRACTOR) (TANQUE ENFRIADOR PARA LECHE) (PICADORA) (CAMIONETA) (CUATRIMOTO) (BÁSCULA)
¿Qué superficie del rancho son **pastizales** para el ganado? _____ ¿está divido en cuántos potreros? _____
¿Qué **cultivo de apoyo** tiene para alimentar a su ganado? (CAÑA) (MAÍZ) (PASTO MEJORADO) (*LEUCAENA*) (OTRO) _____
¿Cuál es la superficie de ese cultivo? _____ ¿Cuándo lo cultiva? _____ ¿lo ensila? (NO) (SÍ)
¿Qué **árboles** tiene en su rancho? _____
¿Dónde tiene esos árboles? (EN LINDEROS/CERCA) (EN MONTE) (EN CULTIVO FORESTAL) (AISLADOS EN POTRERO) (NO TIENE)
¿Qué material usa cómo postes? (MADERA) (CEMENTO) (METAL) (ÁRBOLES O ARBUSTOS VIVOS)
¿Tiene algún **cuerpo de agua** en su rancho? (RÍO) (MANANTIAL) (POZO) (OLLA) (COLECTA AGUA DE LLUVIA) (NINGUNO)
¿Cómo está esa fuente de agua? (LIMPIA) (SUCIA) (SIEMPRE DISPONIBLE) (SE SECA PERIÓDICAMENTE) (YA SE SECÓ)
¿Conserva alguna zona con monte en su rancho? (NO) (SÍ) ¿De qué tamaño? _____

MANEJO DEL TERRENO

¿Cuándo se inició el **desmonte** en su terreno? (_____ AÑOS) (NO SABE O RECUERDA) (YA ESTABA ASÍ CUANDO LLEGÓ)
¿Cuándo fue la última vez que desmontó su terreno? (_____ AÑOS) (NO SABE O RECUERDA) (YA NO DESMONTA)
¿Usa maquinaria para desmontar o limpiar el terreno antes de sembrar? (Propia) (Rentada)
¿Acostumbra **chapear** su terreno? (NO) (SÍ) ¿CUÁNDO? _____
¿Acostumbra **quemar** el pastizal? (NO) (SÍ) ¿CUÁNDO? _____
¿Qué productos químicos usa para controlar las **malezas**? _____
¿Cuál es la dosis por hectárea del **herbicida**? _____
¿Cuántas veces aplica herbicidas al año? _____ ¿Dónde lo aplica?_____
¿Qué tipo de **abono** usa en su terreno? (ESTIÉRCOL) (FERTILIZANTE) (NADA) (NO SABE) (OTRO) _____
¿Cada cuándo aplica el abono o fertilizante? _____ Si es fertilizante ¿cuál usa? _____
¿Qué sustancias utiliza? _____
¿Considera que ha habido un cambio en la calidad del pastizal a través de los años? SÍ NO ¿CUÁNDO? _____
Cuál?_____

1

INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A. C.
RED DE ECOETOLOGÍA

INFORMACIÓN SOBRE EL GANADO

¿Qué **tipo de ganado** tiene? (BOVINO) (CAPRINO) (OVINO) (CABALLAR) (PORCINO) (OTRO) _____
¿Cuál es el **objetivo de su rancho**? (LECHE) (DE CRÍA) (ENGORDA) (DOBLE PROPÓSITO) (OTRO) _____
¿Cuál es la **raza del ganado**? _____ ¿cuál es el peso promedio de los adultos? _____
¿Cuántas **cabezas vacunas** tiene en total? _____
¿Qué t**ipo de manejo** realiza? (ESTABULADO) (EXTENSIVO) (SEMI EXTENSIVO) (SILVOPASTORIL)
¿Qué utiliza para alimentar al ganado? (PASTO) (PASTO DE CORTE) (FORRAJE) (ENSILADOS) (ALIMENTO BALANCEADO)
¿Utiliza algún suplemento mineral para su ganado? (NO) (SÍ) ¿CUÁL? _____
¿CONSIDERA QUE SU GANADO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO DE SALUD?_____

CONTROL DE PARÁSITOS DEL GANADO

¿Qué tipo de **parásitos externos** presenta su ganado? (MOSCAS) (GARRAPATAS) (GUSANO BARRENADOR) (OTRO) _____
¿Qué **desparasitantes** usa para su ganado? _____
¿Cuál es la dosis y vía de aplicación de esos productos? _____ (INTRAMUSCULAR) (ORAL) (TÓPICO) (OTRO)
¿Aplica el producto a su ganado según? (LA EDAD) (LOS SÍNTOMAS) (LA TEMPORADA) (POR RECOMENDACIÓN) (NO SABE)
¿Qué tiempo tiene de usar desparasitantes en su ganado? (_____ AÑOS) (SIEMPRE) (NO SABE O RECUERDA) (YA NO USA)
¿Cuáles son las **moscas** que dañan a su ganado? (DEL CUERNO) (DEL ESTABLO) (PINTA) (DOMÉSTICA) (NO SABE)
¿Qué **insecticidas** usa para controlar estas moscas? _____
¿Cuál es la dosis y vía de aplicación? _____ (BAÑO) (POLVO) (OTRO) _____
¿Aplica el producto a su ganado según? (CADA ___ DÍAS) (# DE MOSCAS) (TEMPORADA) (RECOMENDACIÓN) (NO SABE)
¿Cuál es el método de control de las **garrapatas**? (CON SUSTANCIAS QUÍMICAS) (OTRO _____) (NINGUNO)
¿Qué sustancias utiliza? _____
¿Cuál es la dosis y vía de aplicación? _____ (BAÑO) (POLVO) (OTRO) _____
¿Aplica el producto a su ganado según? (CADA ____ DÍAS) (# DE GARRAPATAS) (TEMPORADA) (RECOMENDACIÓN) (NO SABE)
¿Qué tiempo tiene de usar insecticidas en su ganado? (_____ AÑOS) (SIEMPRE) (NO SABE O RECUERDA) (YA NO USA)
¿Cada cuándo consulta al veterinario? (POR ENFERMEDADES GRAVES) (REGULARMENTE) (A VECES) (NUNCA)

MANEJO DEL ESTIÉRCOL

¿La acumulación del **estiércol** es un problema en su potrero? (NO) (SÍ) (NO SABE)
¿Qué problemas le genera el estiércol acumulado? (ENSUCIA EL PASTO) (QUEMA PASTO) (GENERA MOSCAS) (NO SABE)
¿Cómo retira el exceso de estiércol de su potrero? (CON PALAS) (CON MAQUINARIA) (NO LO HACE)
¿Utiliza el estiércol? (COMO ABONO) (PARA PRODUCIR BIOGÁS) (LO VENDE) (NO LO USA)
¿Paga para eliminar el estiércol de su pastizal? (NO PAGA) (SÍ PAGA)
¿Sabe qué **organismos** se encuentran en el estiércol? (LOMBRICES/ GUSANOS) (MOSCAS) (ESCARABAJOS) (NO SABE)
¿Conoce a los **escarabajos del estiércol** o llamados “caqueros”, “rodacacas”? (NO) (SÍ)
¿Sabe que hacen estos escarabajos en los pastizales ganaderos? (NO) (SÍ)
¿Sabe si hay escarabajos del estiércol en su pastizal? (NO) (SÍ)
¿En qué momento los ha visto en su rancho? _____
Si ya no los ha visto, ¿recuerda desde cuándo ya no los ha visto? _____

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

2

Propuestas

05

Financiamiento para el cambio:
DE GANADERÍA TRADICIONAL A SUSTENTABLE

Ruy Halffter, Mariano Ruiz Funes, Alba Aguilar Priego, Eduardo Trejo González, Magdalena Cruz R.

La práctica ganadera tropical tradicional implica el manejo del ganado en potreros extensos, donde se alimenta de diversos pastos, principalmente especies no nativas. El hato recibe otros insumos para mejorar su salud y rendimiento en leche y/o carne, todo lo cual implica un gasto considerable que en muchos casos contrasta con los precios que recibe el ganadero por sus productos en el mercado, tanto nacional como internacional, dando como resultado un negocio poco rentable (Chauvet, 1997; Carrera y Bustamante, 2013). Aun así, la ganadería a nivel nacional ocupa 53.7% de las 200 millones de hectáreas del país, con lo que contribuye aproximadamente con 40% del Producto Interno Bruto del sector (SAGARPA, 2009, 2010).

En otros capítulos de este libro se han presentado diversos temas que tratan la problemática ambiental que ha causado la ganadería tradicional o extensiva, iniciada a mediados del siglo pasado con la idea de hacer "productivas" tierras consideradas "ociosas" (p. e., El Plan Chontalpa; Barkin, 1977); en ese caso existió apoyo de 1972 a 1983 del Programa Nacional de Desmontes, para financiar el desmonte de selvas y bosques para uso agrícola primero y después ganadero (Maldonado-Betanzos, 1976). En contraparte, se presentan alternativas recientes que tratan de lograr un cambio radical de esas prácticas, tanto para reducir sus efectos dañinos sobre el medio ambiente como para revertirlos, a la vez que mejoran o incrementan la productividad y rentabilidad de la empresa ganadera (Ortega-Reyes, 2018).

Una de las alternativas de manejo que mejores opciones ofrece es el sistema silvopastoril, que promueve una mayor biodiversidad dentro del agroecosistema, mejora la captación de agua y carbono atmosférico, además de reciclar más nutrientes, por lo que requiere pocos insumos externos para la producción continua de alimento para el ganado (Aguirre *et al.,* 2013; Bacab *et al*., 2013; Solorio-Sánchez *et al.,* 2013).

Desde el punto de vista económico, en este sistema se tiene menor consumo de insumos externos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas, vermicidas, etc.), así como mejor producción al incrementar la capacidad de carga del terreno, la

calidad de sus productos y la rentabilidad para el productor (Mahecha, 2002; González y Alcaraz, 2013; Estrada *et al*., 2017).

En este capítulo se presentan dos casos de éxito que implican el cambio a una práctica ganadera más sustentable, tomando como ejemplo un análisis publicado en Michoacán, México y otro en Colombia.

Se presenta además un resumen de la situación actual de la producción ganadera en México y del estado crediticio, eso para entender el potencial y necesidad de inversión hacia una ganadería más productiva, rentable y sustentable.

También se hace una propuesta con los elementos básicos que se deben considerar en la obtención de financiamiento para apoyar al productor a transitar desde un manejo ganadero tradicional a uno sustentable. De manera inicial se considerarán las posibles fuentes de financiamiento, a nivel nacional e internacional, necesarias para establecer un proyecto de grandes dimensiones que motive a los productores y a los tomadores de decisiones a buscar la sustentabilidad, tanto económica como ambiental, en este importante sector productivo.

Casos exitosos en México

En Michoacán se han logrado grandes avances en el establecimiento del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) con base en gramíneas y *Leucaena leucocephala,* a través de la Fundación Produce Michoacán (Moreno, 2010). En un rancho se hizo el análisis de costos de este cambio. A continuación se sintetizan los datos de acuerdo con González y Alcaraz (2013) que presentan los gastos del primero y segundo año de establecido el sistema (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. *Costos para el establecimiento del SSPi en el primer año, comparado con el sistema tradicional.*

Sistema de manejo	Costo por Ha	Hectáreas	Costo total
Tradicional con pasto Tanzania	$11,900.-	21	$249,900.-
Silvopastoril intensivo con *Leucaena*	$15,020.-	53	$796,060.-

Fuente: González y Alcaraz, 2013.

En cuanto a la rentabilidad, es necesario considerar la capacidad de carga animal a partir del segundo año, misma que pasó de 4 unidades animal (UA) máximo mantenidas con el sistema tradicional y cultivo de sorgo, a 5.5 UA con el SSPi, lo que representa un incremento en la productividad y rentabilidad del rancho (Cuadro 3).

Cuadro 2. *Costos de mantenimiento del segundo año y posteriores con los dos sistemas.*

Cultivos de cada sistema	Sistema tradicional (línea base)			SSPi		
	Costo/Ha	Ha	Costo total	Costo/Ha	Ha	Costo total
SSPi de *Leucaena* y pastos	-	-	-	$5,595.-	53	$296,535.-
Pasto Tanzania	$6,950.-	21	$145,950.-	-	-	-
Sorgo	$9,900.-	16	$158,400.-	-	-	-
Pastos nativos	$1,200.-	16	$19,200.-	-	-	-
Totales		53	$323,550.-		53	$296,535.-

Fuente: González y Alcaraz, 2013.

Cuadro 3. *Capacidad de carga animal en unidad animal (UA) por hectárea en los dos sistemas.*

Cultivos de cada sistema	Sistema tradicional (línea base)			SSPi		
	UA/Ha	Ha	UA total	UA /Ha	Ha	UA total
SSPi de *Leucaena* y pastos	-	-	-	5.5	53	291.5
Pasto Tanzania	2	21	42	-	-	-
Sorgo	4	16	64	-	-	-
Pastos nativos	0.3	16	4.8	-	-	-
Totales		53	110.8		53	291.5

Fuente: González y Alcaraz, 2013.

En este rancho se logró pasar la tasa interna de retorno (TIR) de 0.7% a 13.3%, con un valor actual neto (VAN) al 10%, que da un periodo de recuperación de las inversiones con el SSPi a los siete años, pasando de una relación beneficio-costo operativo (ingresos/egresos) de 1.34 en el sistema tradicional a 2.8 con el SSPi, lo que da una viabilidad económica considerable a diferencia del sistema tradicional. Según indican los autores, para lograr este incremento se debe establecer adecuadamente el sistema silvopastoril y darle un mantenimiento correcto (González, 2013), esto significa contar con un asesoramiento profesional durante el proceso de cambio.

Hasta 2015, la Fundación Produce Michoacán, con financiamiento de la SAGARPA, ha asesorado el cambio a sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena*. En colaboración con las asociaciones ganaderas locales de 15 estados, ha trabajado en 12,218 hectáreas distribuidas en 212 municipios, 1,269 productores beneficiarios y 2,663 productores capacitados. A nivel de producción los SSPi manejados por la Fundación Produce Michoacán han elevado los parámetros productivos de capacidad de carga de 2 a 6 UA/ha/año. En ganancia de peso por animal pasaron de 500 a 900 g/día, lo que da un 80% de incremento y la producción de leche pasó de 3.5 a 8 L/vaca/día, con un incremento de 128%, con una mejor composición de proteína de 3.01 a 3.96%. En cuanto al desarrollo social se aumentó 30% el empleo de la zona, con una derrama económica del 37%, lo que mejoró el nivel de vida de la comunidad. Finalmente, están en la búsqueda de nuevos mercados para comercializar sus productos con el sello orgánico (Flores-Estrada, 2016).

Casos exitosos en Colombia

En Colombia se han hecho análisis de los costos para la conversión de sistemas de manejo tradicional con pasturas nativas o mejoradas a modelos silvopastoriles

con banco de proteínas (Fajardo y Facundo, 2014). En un ejercicio realizado en 80 fincas o ranchos ganaderos, se consideraron tres variables para caracterizar a los ranchos: el uso del suelo, la producción y la comercialización. Con esas variables se tipificaron los ranchos en tres grupos, según tamaño promedio: ranchos pequeños de 30 ha, medianos con 76 ha y grandes con 105 ha. Se determinó que el costo promedio de mantenimiento por hectárea en los ranchos con pastos naturales era de $300,000.[1] Implementar el cambio de pastura natural a mejorada tenía un costo de $749,800/ha y para convertir al sistema silvopastoril con banco de proteína eran necesarios $1,500.00/ha. Comparando, la tasa interna de retorno (TIR) para la implementación del pasto mejorado fue de 19.1%, contra 34.7% para el silvopastoril. En estos casos, en el primer año se generó un ingreso negativo por el costo de la implementación de los sistemas alternativos, pero después de dos o tres años se incrementaron los rendimientos de $907,215 ingreso/vaca/ha con el sistema tradicional, a $1,465,591 con el pasto mejorado y $2,322,223 con el banco de forraje. El estudio concluye que establecer el sistema silvopastoril tiene beneficios y rentabilidad para los productores. Una vez que el sistema se estabiliza, después de tres años, se recupera la inversión inicial.

Además, el sistema silvopastoril con banco de proteína logra otro beneficio: la reducción de emisión de CO_2, porque se mejora la fermentación en el rumen como consecuencia del consumo de forrajes de mejor calidad que en el sistema tradicional, con estimaciones que van de 3.52 toneladas de CO_2 emitido por animales con el sistema tradicional, a 2.82 toneladas con el sistema silvopastoril, que dieron una diferencia en costo reducido de $10,706 (Fajardo *et al*., 2014).

Un análisis más detallado y actualizado se encuentra en el capítulo correspondiente a la ganadería de Colombia, incluido en este mismo libro.

Situación actual de la ganadería en México: potencial para generar el cambio

Según datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI, 2014), se contaban casi 28.5 millones de cabezas de ganado bovino en todo el país, de este gran total nacional, más de 14 millones están en libre pastoreo, 7.1 millones en corral o establo y 4.2 millones en pastoreo controlado. En el caso de la función a la que se destinan estos animales, destacan las vacas para la cría de becerros exclusivamente, con 8.1 millones de cabezas, luego los bovinos para engorda con 6.9 millones, 4 millones de vacas de doble propósito para cría y ordeña y 2.7 millones de vacas sólo para producción de leche. En cuanto al número de unidades de producción y su existencia en cabezas, predominan las unidades consideradas como pequeños productores, con 1 a 10 cabezas, con 61.8% de las unidades a nivel nacional; 26.7% tienen entre 11 a 35 cabezas; 9.9% de 36 a 120 cabezas y solo 1.6% tienen más de 120 cabezas. En el caso de Veracruz, es el estado con mayor número de cabezas bovinas, con 3.35 millones, y tiene el mayor porcentaje de cabezas para engorda, 14.8%; ocupa el sexto lugar con 4.5% del total de

1 Equivalencia: $2000 pesos colombianos por dólar o $150 por peso mexicano en 2014.

cabezas destinadas para la producción de leche, con un estimado de 1.42 millones de litros en promedio por día (INEGI, 2014).

La actividad ganadera, a nivel nacional, es de pequeños productores que tienen como principal práctica la extensiva, para obtener carne y/o leche a costa de consumir forrajes y complementos alimenticios y sanitarios. Al final, la producción sobre todo de cría se vende principalmente a intermediarios (59.2%) o de forma directa al consumidor (39.9%), muy poco se va al rastro (4.2%), carnicerías (3.1%), supermercado (0.5%) o incluso a exportación (0.3%; INEGI, 2014).

Por otra parte, es interesante observar que a nivel de uso de financiamiento para las labores en las unidades productivas agropecuarias, solo 10.4% contaba con un crédito, la mayoría no lo ha solicitado (87.3%) y son pocos los que lo solicitan pero no lo obtienen (2.2%; INEGI, 2014). Por lo tanto, es posible que si a futuro se presenta una buena oportunidad para mejorar las unidades productivas, con un asesoramiento adecuado se pueda convencer a los productores de tomar un crédito y hacer el cambio a prácticas de manejo más sustentables.

Opciones para el financiamiento de una ganadería sustentable

Actualmente, existen en el mercado nacional e internacional diversas opciones de financiamiento que pueden contribuir al proyecto de cambio hacia una ganadería sustentable, sobre todo considerando que se toma en cuenta la protección y/o recuperación de la biodiversidad, el cambio climático, los servicios ambientales, la conservación y los negocios.

Las instituciones financieras bancarias y no bancarias en México, tradicionalmente han otorgado créditos de avío y refaccionarios a las diferentes actividades agropecuarias, entre las cuales la ganadería es un receptor importante. Los ganaderos también pueden obtener financiamiento a través de fondos de capital de riesgo públicos y privados (nacionales e internacionales) y fondos de capital semilla.

El crédito y/o capital de riesgo puede ser complementado con instrumentos enfocados en mitigar los riesgos como cobertura de precio, adquisición de seguros y garantías de crédito. Con estos instrumentos se abate el costo del crédito, ya que mejora la percepción de riesgo por los proveedores de recursos.

Diversos organismos internacionales y de cooperación, como Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), países como el Reino Unido, Alemania y Francia, así como entidades públicas nacionales de desarrollo, como los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), etc., pueden fondear las operaciones financieras de los bancos, lo que les permitirá crecer el volumen de créditos y reducir el riesgo.

Los créditos también pueden ser complementados con apoyos presupuestales de programas gubernamentales, como el programa de fomento ganadero de SAGARPA, que al subsidiar una parte de las inversiones facilita la realización de los proyectos.

Finalmente, a través de los mercados bursátiles (BMV), se eficienta el fondeo de los recursos al contar con proyectos ganaderos sustentables, usando emisiones de bonos verdes.

Independiente a las anteriores fuentes de financiamiento, en la ganadería sustentable los proyectos deben contar con ciertas características o elementos que son necesarios para distinguirlos de otros esquemas de producción, como la ganadería tradicional.

Los proyectos sustentables pueden beneficiarse de diferentes tipos de apoyos y fondeo, en condiciones preferenciales.

Requerimientos

Se sugiere que para fomentar la ganadería sustentable los proyectos consideren los siguientes puntos de referencia:

- Inventario inicial. Las empresas a financiar deben tener unidad mínima 1:1; es decir, una vaca actual más una por adquirir.
- Las inversiones deberán considerar además de cerco eléctrico y red de distribución de agua, sistemas silvopastoriles, siembra de árboles forrajeros, banco de biomasa y/o proteína, así como conser-

vación de forraje para que promueva un modelo de ganadería sustentable.
- Las empresas deben contar con parámetros técnicos mínimos viables: destete, producción de leche, ganancia de peso, entre otros; así como identificar el producto a comercializar más adecuado y de mayor rentabilidad en las empresas de este sistema de ganadería silvopastoril.

Criterios que podrían aplicar las instituciones financieras para financiar proyectos de ganadería sustentable

Un proyecto, en general, debe ser considerado como sustentable cuando tiene conceptos de inversión que implican uso de tecnologías de producción, como los descritos en otros capítulos de este libro, que entre otros aspectos consideran manejo holístico de los recursos, conservación de forrajes y paisaje, sistemas de pastoreo intensivo tecnificado, manejo de residuos, excretas y desechos, agua, etcétera.

Los proyectos sustentables serán aquellos que consideren dentro de sus inversiones, de manera enunciativa más no limitativa los siguientes temas:

- Cerco eléctrico.
- Plantación de cercas vivas.
- Captación de agua y sistemas de distribución, incluido riego mecánico.
- Sistemas de generación renovable, por ejemplo, fotovoltaica, paneles solares, biodigestores, etcétera.
- Plantas de tratamiento de agua y residuos.
- Inventario de especies indicadoras del estado de salud de un rancho (aves, insectos, plantas, etc.).

Es importante destacar que, en el financiamiento de un proyecto sustentable también son financiables todos los conceptos de inversión que suelen ser financiados en la ganadería tradicional:

- Ganado, vientres, sementales, animales para engorda.
- Construcciones e instalaciones de apoyo.
- Maquinaria y equipo que mejore la productividad y eficiente la producción.
- Capital de trabajo.

Ganadería sustentable: un sector elegible para la emisión de bonos verdes y sustentables

Desde hace más de siete años, el Grupo Bolsa Mexicana de Valores (BMV) ha impulsado diversas iniciativas para el desarrollo de los mercados ambientales, como el lanzamiento del Índice de Sustentabilidad en 2011, la constitución de la Plataforma Mexicana de Carbono, MEXICO2 en 2013, la adhesión de la Bolsa Mexicana a las Bolsas Sustentables (SSE) en 2014, el listado de bonos verdes en 2015, la formación de un Consejo Consultivo de Finanzas Verdes en 2016 y la declaración de inversionistas a favor del financiamiento verde en 2017.

Con el fin de incrementar el financiamiento hacia proyectos que generen impactos ambientales positivos, se crea el Consejo Consultivo de Finanzas Verdes, que tiene como objetivo el desarrollo de un mercado con una oferta y demanda amplia de instrumentos verdes.

El Consejo inicia con la creación de los Principios de Bonos Verdes MX, que marcan los criterios básicos para emitir un bono verde, con lineamientos que fortalecen la estandarización del instrumento y aseguran la transparencia en el uso y asignación de los recursos durante la vida del proyecto (BMV, 2018a). La Bolsa Mexicana de Valores toma como referencia el cumplimiento de dichos principios como parte de los requisitos necesarios para listar y etiquetar un bono verde (BMV, 2018b).

Como cualquier otro activo de inversión, los bonos verdes también deben ofrecer retornos, plazos y riesgos atractivos hacia los inversionistas, en especial para aquellos que tienen estrategias o mandatos de inversión verdes, algunos con programas de descarbonización de portafolios que buscan activos bajos en carbono con impactos positivos en el medio ambiente.

A la fecha, a través de BMV se han colocado 10 bonos etiquetados con éxito, logrando una amplia participación de inversionistas institucionales, lo que abre la oportunidad para el desarrollo de un nuevo mercado con gran potencial de crecimiento.

La agricultura y la ganadería sustentable son sectores elegibles para desarrollar proyectos y activos de inversión que pueden ser etiquetados como bonos "verdes" o "sustentables" (de acuerdo con los impactos que generen), si se desea que dichos instrumentos sean colocados en el mercado bursátil y puedan ser financiados por el público inversionista.

A través de actividades de ganadería sustentable y manejo silvopastoril, es posible recuperar grandes extensiones de selva, bosques y pastizales que se encuentran en degradación; hablamos de un movimiento urgente que evitará en gran medida la continua deforestación, la contaminación del suelo, del aire y de los mantos acuíferos más importantes del territorio nacional.

Conclusiones

El proceso de conversión de una empresa de ganadería tradicional a ganadería sustentable es posible, ya que actualmente contamos con los elementos necesarios que permiten dicha transición. Existen recursos e instituciones a las cuales consultar para definir el mejor proyecto de financiamiento local y regional, para el cambio de una ganadería tradicional extensionista a otra más sustentable, solo se requiere unir esfuerzos entre los productores, asesores e instituciones para lograr este objetivo. Un ejemplo de ello se ha visto en Colombia; solo hay que hacer un modelo mexicano.

Finalmente, el logro de un cambio a ganadería sustentable debe ser verificable desde el punto de vista ambiental, ya que además de los logros económicos que se obtengan en producción y rentabilidad, deben demostrar que se ha logrado un cambio a nivel de biodiversidad, calidad del suelo, agua, captura de carbono, reducción del metano, etc., cambios que deberán ser monitoreados por las instituciones y especialistas de cada categoría, dando aval al productor y a las instancias financiadoras de los cambios logrados a lo largo del periodo establecido por el proyecto. La tarea es larga, pero el interés de los participantes ya ha iniciado, como se ve en las aportaciones de este libro. Deseamos haber servido para concretar el cambio hacia una ganadería sustentable en todo México, en especial en la zona del Golfo, donde Veracruz, por ser uno de los principales productores ganaderos ha perdido gran parte de su biodiversidad a costa de la tala indiscriminada de bosques y selvas para uso agropecuario.

Referencias

Aguirre, O.J., Loya, O.L., Gómez, D.A., Martínez, G.A., Ulloa, C.R., Escalera, V.F., Valdés García, Y., Gómez, G.A. y Ramírez, R.C. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos para rumiantes, alternativa de producción animal sustentable en el trópico mexicano. Pp. 205-216. *XL Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C. (AMPA) y IX Seminario Internacional de Ovinos en el Trópico*. Villahermosa, Tabasco, México, 22-24 mayo de 2013.

Bacab, H.M., Madera, N.B., Solorio, F.J., Vera, F. y Marrufo, D.F. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria,* 17(3):67-81.

Barkin, D. 1977. Desarrollo regional y reorganización campesina. La Chontalpa como reflejo del gran problema agropecuario mexicano. *Comercio exterior*, 27(12):1408-1417.

BMV (**Bolsa Mexicana de Valores**). 2018a. Principios de Fondos Verdes MX. http://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_ EN_BOLSA/CTEN_MINGE/PRIN_BONOS_VERDES_MX2_2.pdf.

_____ . 2018b. Bonos verdes. http://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/BONOS%20VERDES_cambios_2018.pdf..

Carrera C., B. y T.I. Bustamante L. 2013. ¿Es la ganadería bovina de carne una actividad competitiva en México? *Nóesis*, 22(43):18-50.

Chauvet, M. 1997. La ganadería mexicana frente al fin de siglo. *Latin American Studies Association,* abril 17.

Estrada, L., Portillo, A.B., Yong, A.G. y García, M.A. 2017. Evaluación financiera de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo silvopastoreo intensivo en Apatzingán, Michoacán, México. Pp. 857-862. *XLIV Reunión Científica AMPA 2017. Clima y ganadería: productividad sustentable*. Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 6-8 sept. de 2017.

Fajardo, M.Y. y Facundo, V.G. 2014. Costos de conversión en los procesos de producción de ganadería tradicional al sistema silvopastoril en fincas ganaderas del municipio de Florencia, Morelia y Belén del Departamento de Caquetá. *Revista FACCEA*, 4(1):s/n

Fajardo, M.Y., Facundo-Vargas, G. y Vargas-Marín, L.A. 2014. Costos ambientales y evaluación social en conversión de los sistemas de producción tradicional al sistema silvopastoril en fincas ganaderas de los municipios de Florencia, Morelia y Belén de los Andaquíes del departamento de Caquetá. *Momentos en la Ciencia*, 11(1):50-57.

Flores-Estrada, M.X. 2016. Sistemas silvopastoriles para el desarrollo sostenible de la ganadería en México*. XII Reunión de la Comisión de Desarrollo Ganadero para América Latina y el Caribe,* FAO, San Cristóbal de la Casas, Chiapas, 12 a 14 marzo de 2016.

González, J.M. 2013. Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), con base en *Leucaena leucocephala*. Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria,* 17(3):35-50.

González P., J.M. y Alcaraz V., J.V. 2013. Cultivo y costos de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) a base de gramíneas y *Leaucaena leucocephala*. Estudio de caso en Tepalcatepec, Michoacán, México. *Inceptum,* 8(15):277-292.

INEGI (**Instituto Nacional de Estadística y Geografía**). 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/encagro/ena/2014/default.html.

Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(2):226-231

Maldonado-Betanzos, E. 1976. *Programa Nacional de Desmontes.* BANRURAL, Fideicomiso 581 y Programa Nacional de Desmontes.

Moreno T., V.M. 2010. Estrategia regional del modelo de consenso silvopastoril intensivo para la ganadería sostenible del trópico michoacano. *Programa de Documentación de Casos de Éxito*. CONACYT, SAGARPA, IICA-COFUPRO. http://www.redinnovagro.in.

Ortega-Reyes, L. 2018. Política pública y acciones de la Coordinación General de Ganadería ante los retos de producción pecuaria sustentable. Pp. 149-159. En: Herrera-Camacho, J. y Chay Canul, A.J. (Eds.). *Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

SAGARPA (**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación**), 2009. Escenario base 2009-2018. Proyecciones para el sector agropecuario de México. SAGARPA, Agriculture and Food Policy Center, Food and Agricultural Policy Research Institute.

———. 2010. El mercado ganadero internacional, SAGARPA, Dirección General de Operaciones Financieras, Dirección de Estudios y Análisis de Mercados.

Solorio-Sánchez, F.J., Casanova-Lugo, F., Briceño-Poot, E., Aguilar-Pérez, C., Ayala-Burgos, A., Sarabia-Salgado, L., Ramírez-Avilés, R. y Ku-Vera, J. 2013. Sistemas silvopastoriles para la producción de la ganadería tropical en México. *XL Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C. (AMPA) y IX Seminario Internacional de Ovinos en el Trópico.* Villahermosa, Tabasco, México 22-24 mayo de 2013.

Directorio de autores

Alba Aguilar Priego
Bolsa Mexicana de Valores
aaguilar@sif.com.mx

Sandra Daniela Almendarez Rocha
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
(estudiante)
sandi.almendarez@gmail.com

José Gerardo Alonso Barragán
Consultor particular
jogealba7@yahoo.com.mx

Lucrecia Arellano Gámez
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecoetología
lucrecia.arellano@inecol.mx

Isabelle Barois Boullard
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecología Funcional
isabel.barois@inecol.mx

Martha Bonilla Moheno
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ambiente y Sustentabilidad
martha.bonilla@inecol.mx

Zoraida Calle
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles
de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia
zoraida@cipav.org.co

Adolfo Campos Cascaredo
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Ecología Funcional
adolfo.campos@inecol.mx

Eduardo G. Canudas Lara
Universidad Veracruzana (Profesor)
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia
egcanudas@gmail.com

Luis Caraza Stoumen
Rancho "La Luna" (Productor)
SUSTENTA
l.ganaderialaluna@gmail.com

Gonzalo Castillo Campos
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Biodiversidad y Sistemática
gonzalo.castillo@inecol.mx

Julián David Chará
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles
de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia
julian@fun.cipav.org.co

Udavi Cruz Márquez
Sendas, A.C.
nandasamadhi@gmail.com

Magdalena Cruz Rosales
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecoetología
magda.cruz@inecol.mx

Julio Alberto Del Ángel Juárez
Rancho "Loma Bonita" (Productor)
lomabonita_62@hotmail.com

Federico Escobar Sarria
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Ecoetología
federico.escobar@inecol.mx

Tajín Fuentes Pangtay
Sendas, A.C.
murcilag@gmail.com

Carolina Giraldo Echeverri
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) Cali, Colombia
carolina@fun.cipav.org.co

Juan Carlos Gómez
Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN)
Bogotá, Colombia
jgomez@fedegan.org.co

Manuel Gómez
Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN)
Bogotá, Colombia
mgomez@fedegan.org.co

Lizbeth González Gómez
Instituto de Ecología, A. C.
Estudiante de Posgrado en Ecología
croac14@hotmail.com

Renée González Montagut
Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C.
renee.gonzalez@fmcn.org

Daniel González Tokman
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Ecoetología
daniel.gt@inecol.mx

Sergio Guevara Sada
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Ecología Funcional
sergio.guevara@inecol.mx

Ruy Halffter Marcet
RGHA Rodero, García, Halffter y Asociados S.C.
rhalffter@yahoo.com

Gonzalo Halffter Salas
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador Emérito)
Red de Ecoetología
gonzalo.halffter@inecol.mx

María Elizabeth Hernández Alarcón
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Manejo Biotecnológico de Recursos
elizabeth.hernandez@inecol.mx

Carmen Huerta Crespo
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecoetología
carmen.huerta@inecol.mx

Javier Laborde Dovalí
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Ecología Funcional
javier.laborde@inecol.mx

Fabiola López Barrera
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecología Funcional
fabiola.lopez@inecol.mx

Silvia López Ortíz
Colegio de Posgraduados (Profesor investigador)
Campus Veracruz
silvialopez@colpos.mx

Hugo López Rosas
Instituto de Ecología A. C. (Investigador)
Red de Ecología Funcional
hugoloper@gmail.com

Imelda Martínez Morales
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecoetología
imelda.martinez@inecol.mx

María Elena Medina Abreo
Instituto de Ecología, A. C. (Técnico)
Red de Biodiversidad y Sistemática
elena.medina@inecol.mx

Patricia Menegaz De Farias
Universidad de Santa Catalina, Brasil (Profesor)
patricia.menegaz@gmail.com

Enrique Meza Pérez
Universidad Veracruzana (Profesor)
Facultad de Biología
enrmeza@uv.mx

Marcela Modesto
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia
marcelamodesto@fun.cipav.org.co

Roberto C. Monroy Ibarra
Instituto de Ecología A. C. (Técnico)
Red de Ecología Funcional
roberto.monroy@inecol.mx

Patricia Moreno Casasola
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Red de Ecología Funcional
patricia.moreno@inecol.mx

Enrique Murgueitio Restrepo
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia
enriquem@cipav.org.co

Luis Alberto Peralta Peláez
Tecnológico Nacional de México /
Instituto Tecnológico de Veracruz
Jefe Lab. Ingeniería Ecológica, Ambiental y Ciencias (UNIDA)
peralta@itver.edu.mx

Ponciano Pérez-Hernández
Colegio de Posgraduados (Profesor investigador)
Campus Veracruz
pperez@colpos.mx

Luis Romero González
Rancho "Las Cañadas" (Productor/ Asesor)
bosquedeniebla44@gmail.com

Dora Romero Salas
Universidad Veracruzana (Profesora)
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
dromero@uv.mx

Miguel Rubio Godoy
Instituto de Ecología, A. C. (Director general)
miguel.rubio@inecol.mx

Mariano Ruíz Funes Macedo
GEA Grupo de Economistas y Asociados
mrf@gea.structura.com.mx

Graciela Sánchez Ríos
Instituto de Ecología, A. C. (Técnica)
Red de Ecología Funcional
graciela.sanchez@inecol.mx

José Sarukhán Kermez
Comisión Nacional para Uso y Conservación de la Biodiversidad (CONABIO)
sarukhan@servidor.unam.mx

Daniel Suárez Castillo
Ganadería Regenerativa (Asesor)
daniel@ganaderiaregenerativa.com

Mariana Tarín Toledo Aceves
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecología Funcional
tarin.toledo@inecol.mx

José Antonio Torres-Rivera
Universidad Autónoma Chapingo (Profesor)
tora_sheep@yahoo.com.mx

Eduardo Trejo González
Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA)
Subdirección Técnica y Redes de Valor, DGAIS
etrejo@fira.gob.mx

Fernando Uribe
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia
furibe@fun.cipav.org.co

Liliana María Valencia
Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali, Colombia
liliana@fun.cipav.org.co

Cesar Vázquez González
Universidad Veracruzana,
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías
Estudiante del Doctorado en Ecología y Pesquerías
cesargonzalez84@gmail.com

Rafael Villegas Patraca
Instituto de Ecología, A. C. (Investigador)
Unidad de Servicios Profesionales Altamente
Especializados (USPAE)
rafael.villegas@inecol.mx

Guadalupe Williams Linera
Instituto de Ecología, A. C. (Investigadora)
Red de Ecología Funcional
guadalupe.williams@inecol.mx

Nuestros donantes
AL FORO-TALLER (OCTUBRE DE 2017) Y PARA LA PUBLICACIÓN DE ESTE LIBRO

Abato Zárate Marycruz
Alonso Barragán José G.
Arellano Gámez Lucrecia
Arvea Rodríguez Eduardo
Bandín Sánchez Raúl
Barragán Belfort Carlos
Castillo González José
Cienfuegos García José
de Brosas López Manuel A.
Delavequa Demenegli José F.
Deveze Solis Dora Luz
Díaz Sánchez Miguel A.
Díaz Vargas Agustín
Farreny Gómez Antonio
García Madrigal Vicente
Gómez Galicia Juan V.
Gracia Pérez Marcelino M.
Hernández Landa Juan Miguel
Huerta Crespo Carmen
Insua Bolado Alberto
Ixtepan Antole Héctor
Jarillo Rodríguez Jesús
Jiménez Nava Claudia Gabriela
Lagunes Barrientos Francisco J.
López Musalem Alejandro
López Ortíz Silvia
Martínez García Tomás
Martínez Garibay Arely Samira
Martínez Márquez Jesús Antonio
Martínez Ríos Gilberto
Martínez Tress Ramón
Mateo Guzmán Natalia
Medel Ramos José Alberto
Mendoza Ortíz Yolintzin C.
Morales Flores Gredi Guadalupe
Morales Lagunes Armando
Posadas Martínez Carlos
Rodríguez Chessani Miguel A.
Romero Rolando
Rubio Ruíz Gilberto
Severino Lendechy Victor H.
Severino Ruiz Victor H.
Velázquez Beltrán León G.
Zilli Debernardi Emilio

Agradecimientos

Por el apoyo logístico durante la realización del Foro-Taller

Beatriz del Valle Cárdenas (FMCN)
Daniel Jiménez Coria (FMCN)
Leonel Zavaleta Lizárraga (FMCN)
Monserrat García Sámano (FMCN)
Alma E. Rodríguez Zamora (Fondo Golfo)
Vladimir Saavedra (CONABIO)
Francisco Mendoza (INECOL)
Karla González (INECOL)
Karina Casas Rodríguez (INECOL)
Fernando Escobar (INECOL)
Ricardo de Jesús Madrigal (INECOL)
Bulmaro Moreno (INECOL)
Sergio Aldair Mares (INECOL)
Ivonne Osorio (INECOL)
Juan Chávez (INECOL)

Este libro es lo más parecido al Manifiesto que planteamos al principio de nuestras acciones para revertir el deterioro ambiental en Veracruz al mismo tiempo que ofrecíamos al ganadero la posibilidad de ganar más dinero y generar nuevos empleos.

Es un libro pensado. Los compiladores hemos buscado temas y autores en los campos especializados, pero hemos dejado una gran libertad a los ganaderos en el relato de sus experiencias. El resultado es una rica y hasta ahora única exposición de experiencias. Una nueva generación de ganaderos quiere cambiar a empresas sustentables, más amigables con el medio ambiente y su biota. El resultado es interesante y amplio: 25 capítulos de 58 autores y coautores.

Pongamos en práctica lo que hace ya varios años dijo Ramón Margalef, uno de los grandes ecólogos del siglo XX: "… *si la sociedad industrial ha deteriorado profundamente al medio ambiente, también ha generado un rico conocimiento, usemos ese conocimiento para reconstruir y utilizar el medio ambiente en forma sustentable*". Hoy más que nunca hace falta conocimiento, pero también imaginación.

Gonzalo Halffter
Octubre 2018

ISBN: 978-607-7579-83-0

CONABIO
INECOL
C6 cuencas costeras y cambio climático
SEDEMA
ESTADO DE VERACRUZ
FAV
FONDO AMBIENTAL VERACRUZANO