

EVALUACIÓN DEL ÉXITO DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ACTIVA Y PASIVA DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

Biòl. Alma Lucrecia Trujillo Miranda
Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

Directora:
Dra. Tarin Toledo Aceves

Bosque Mesófilo de Montaña



Conversión a potreros



Abandono de potreros



¿Podemos recuperar lo perdido?

Factores de los que depende la recuperación después de la conversión a potreros

Locales

- Competencia con pastos y otras plantas
- Características del suelo
- Condiciones del microhábitat



Paisaje

- Distancia al bosque más cercano
- Ausencia de dispersores



Sociales

- Costos
- Legislación

Restauración Ecológica



Restauración pasiva

Restauración activa



Restauración pasiva



- Tasas de recuperación altamente variables y puede no lograrse
- Menor inversión de costos y tiempo
- Mayor susceptibilidad a cambio de uso de suelo

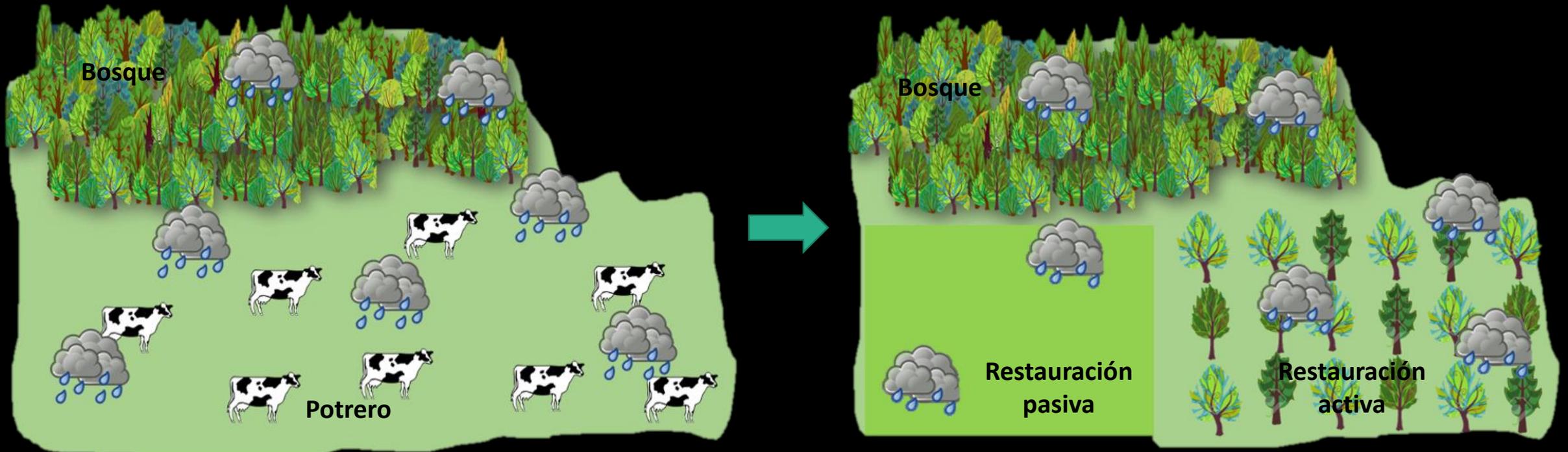
Restauración activa



- ¿Acelera la recuperación del bosque?
- Mayor inversión de costos y tiempo
- Menor susceptibilidad a cambio de uso de suelo

Evaluación del éxito de la restauración en Bosques tropicales

- Falta de comparaciones de la restauración activa y pasiva en un mismo sistema y en relación a un ecosistema de referencia positivo
- Se necesita información de los resultados de las estrategias de restauración a mediano y largo plazo



Evaluación de practicas de restauración por propietarios

Desventajas

- Falta de un diseño experimental
- Falta de la caracterización inicial del sistema
- No están documentadas

Ventajas

- Periodos de tiempo más largos
- Áreas extensas
- Son estrategias de restauración llevadas a la práctica



Servidumbre ecológica "Las Cañadas" Huatusco, Veracruz

Vegetación: Bosque Mesófilo
de Montaña

Superficie: 306 ha

Temperatura: 19.1°C

Precipitación: 2 100 mm

Suelo: andosol úmbrico

Paisaje: fragmentado



1950 deforestación de 270 ha para
uso ganadero (0.66 vacas/ha).



1995 abandono del uso ganadero e
inicio del proceso de restauración.

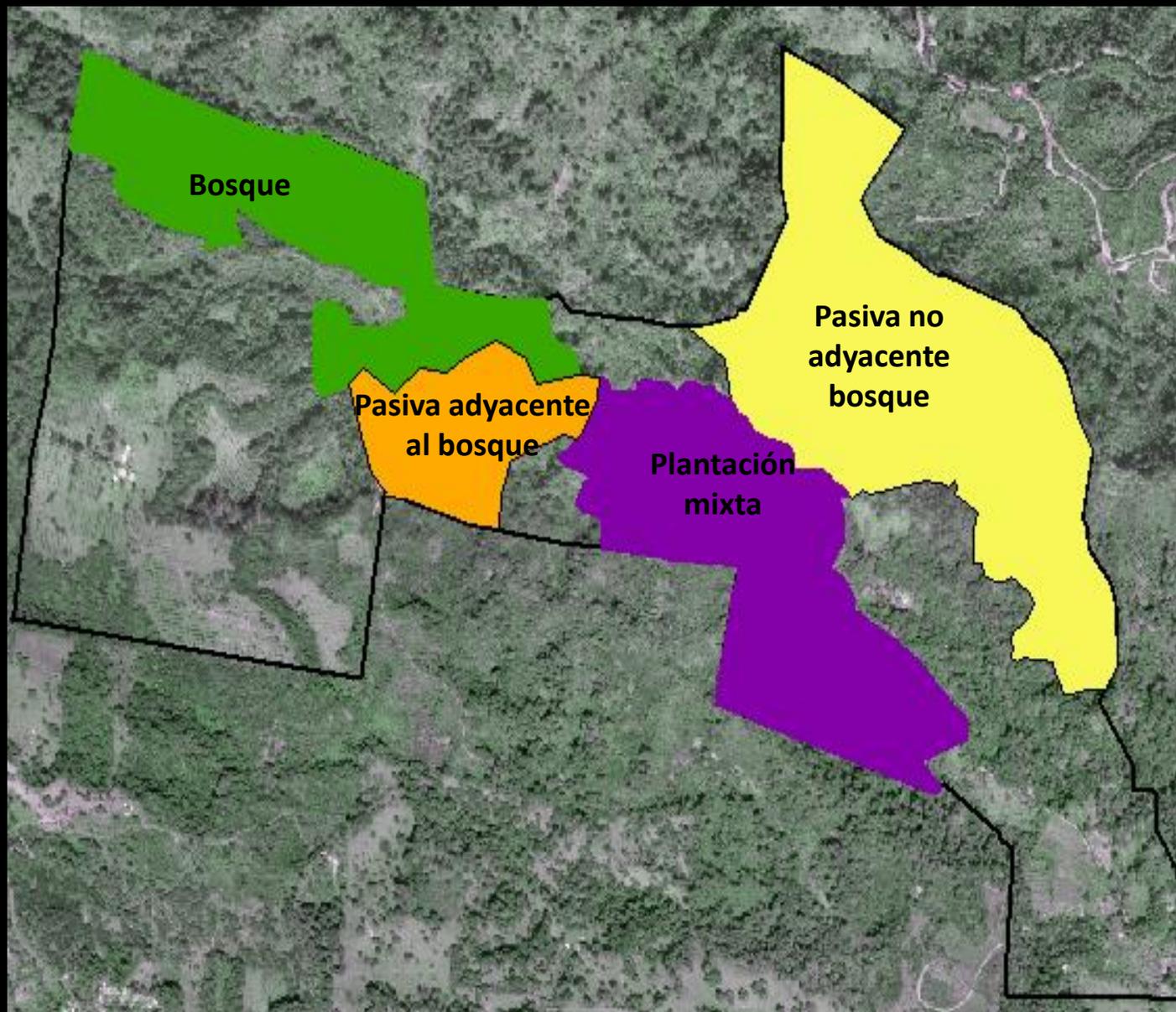


Previo a la Restauración en 1995



Recuperación de la cubierta forestal en 2006

Servidumbre ecológica “Las Cañadas”



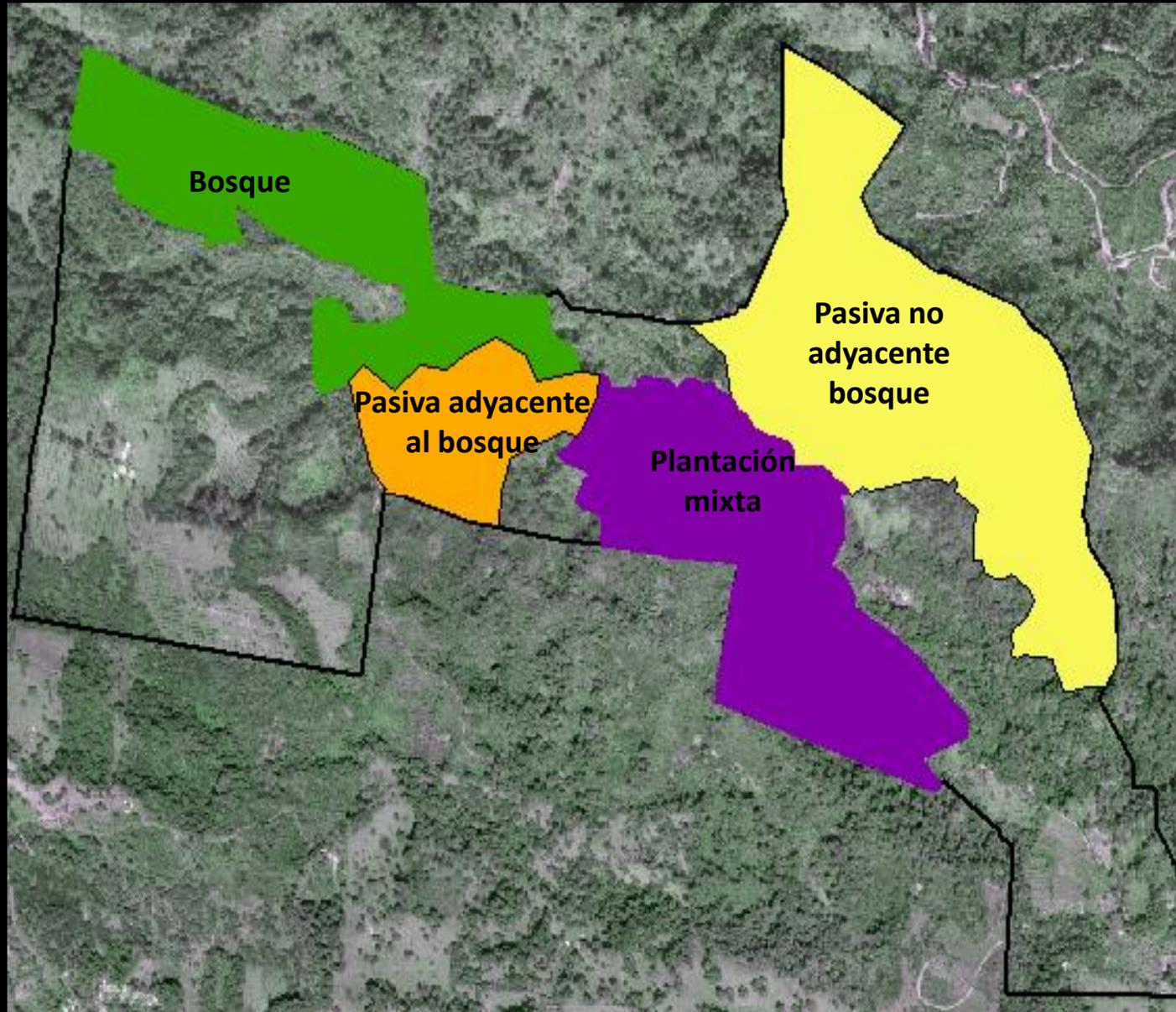
Restauración activa: Plantación mixta
36.56 hectáreas
Distancia al bosque ~ 73 m - 1316 m

Especies	No. árboles
<i>Quercus sapotifolia</i>	20 000
<i>Fraxinus uhdei</i>	10 000
<i>Juglans pyriformis</i>	5 000
<i>Liquidambar styraciflua</i>	3 256
<i>Platanus mexicana</i>	1 000
Total	39 256

Restauración pasiva adyacente al bosque
14 hectáreas
Distancia al bosque ~ 0-430 m

Restauración pasiva no adyacente al bosque
61.49 hectáreas
Distancia al bosque ~ 314 m-1,525 m

Servidumbre ecológica "Las Cañadas"



Bosque conservado
30 ha

	Área basal (m ² /ha)	Densidad (Ind/ha)	Referencias
Las cañadas	44.27	614	Este estudio
México	52	590	Williams-Linera, 1991
Costa Rica	48.9	505	Jiménez et al. 1988
Colombia	27.9	509	Bazuin et al. 1993
Puerto Rico	49.1	3671	Weaver, 1986



¿La restauración activa es más efectiva que la restauración pasiva?

Indicadores de recuperación



Estructura de la vegetación



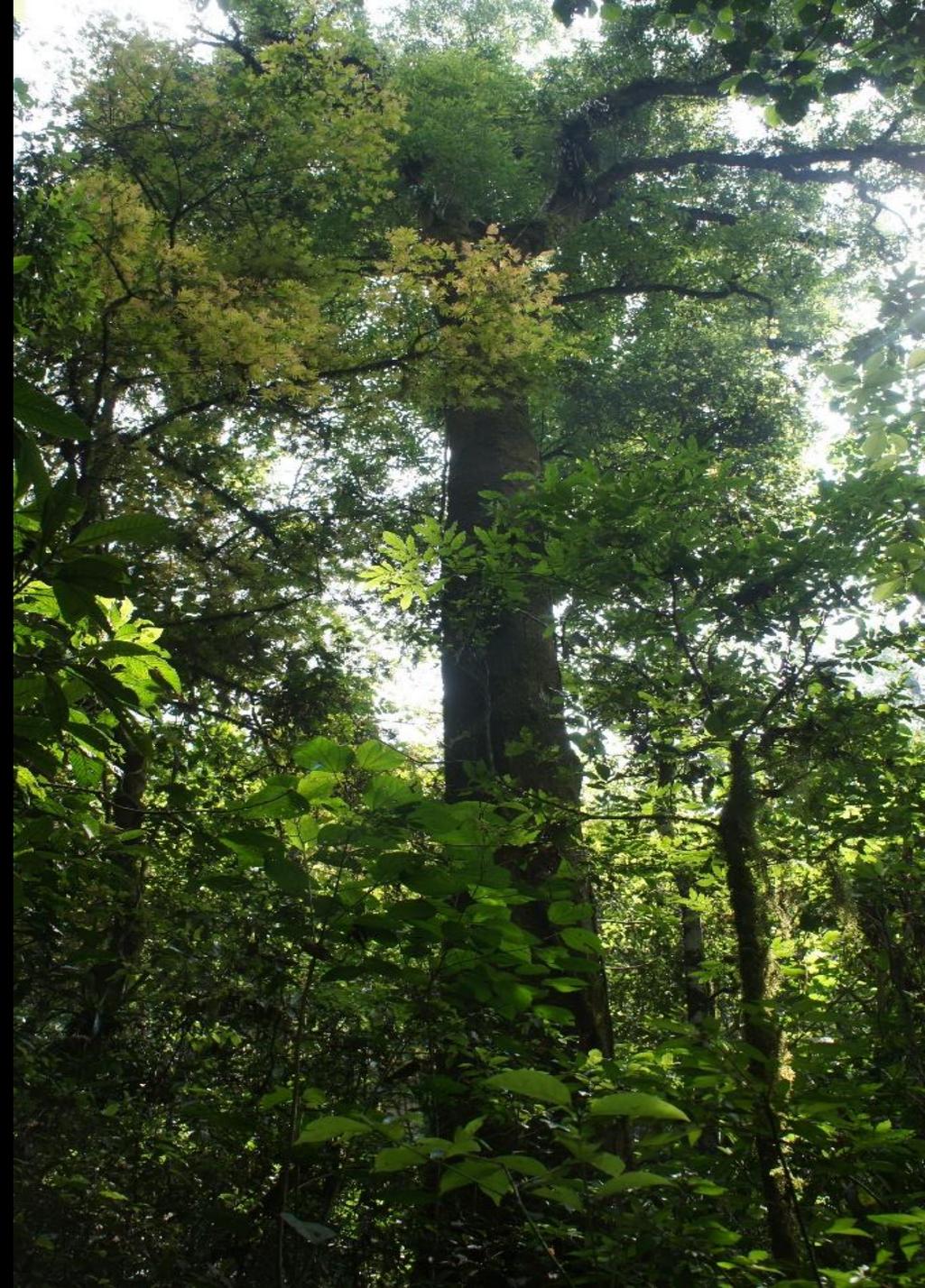
Diversidad y composición
de especies arbóreas



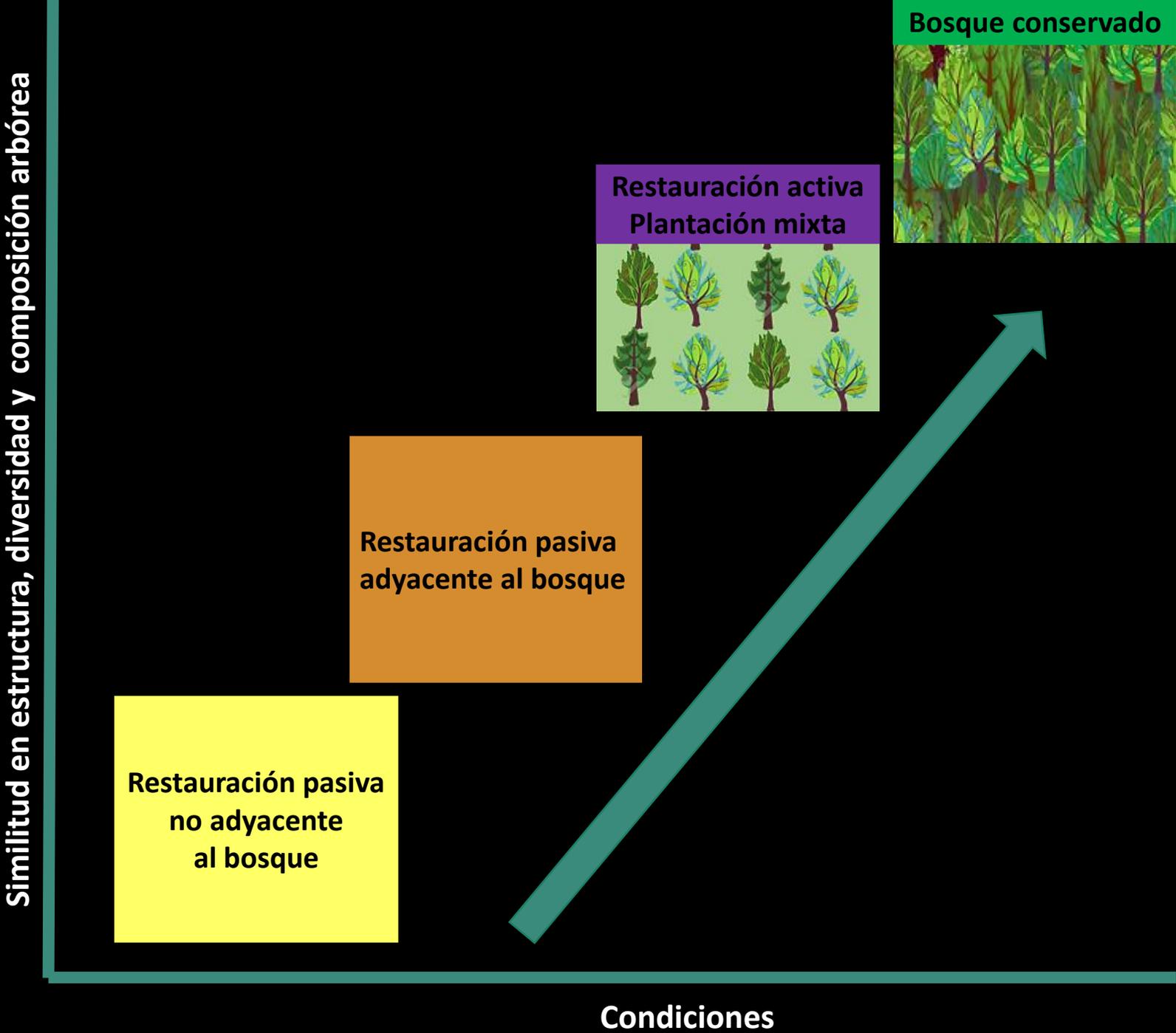
Regeneración arbórea
Plántulas y juveniles

Objetivo

Evaluar diferentes estrategias de restauración en términos de la estructura, diversidad y composición de árboles (adultos, plántulas y juveniles), en Bosque Mesófilo de Montaña secundario resultado de iniciativas de restauración activa (plantación mixta) y pasiva (adyacente y no adyacente al bosque conservado) después de 21 años en potreros abandonados, en relación con un bosque conservado como sistema de referencia.

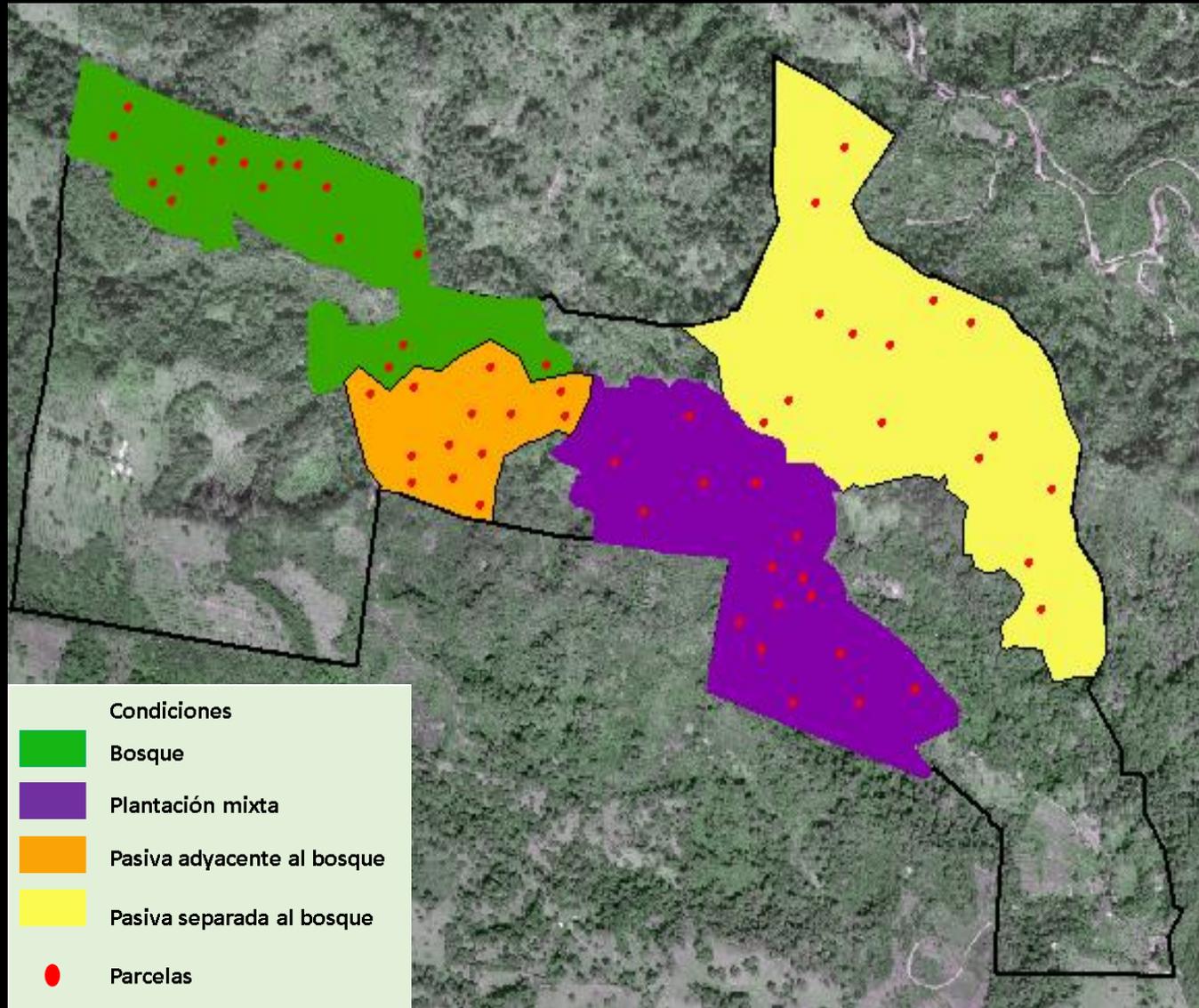


Predicción



Métodos:

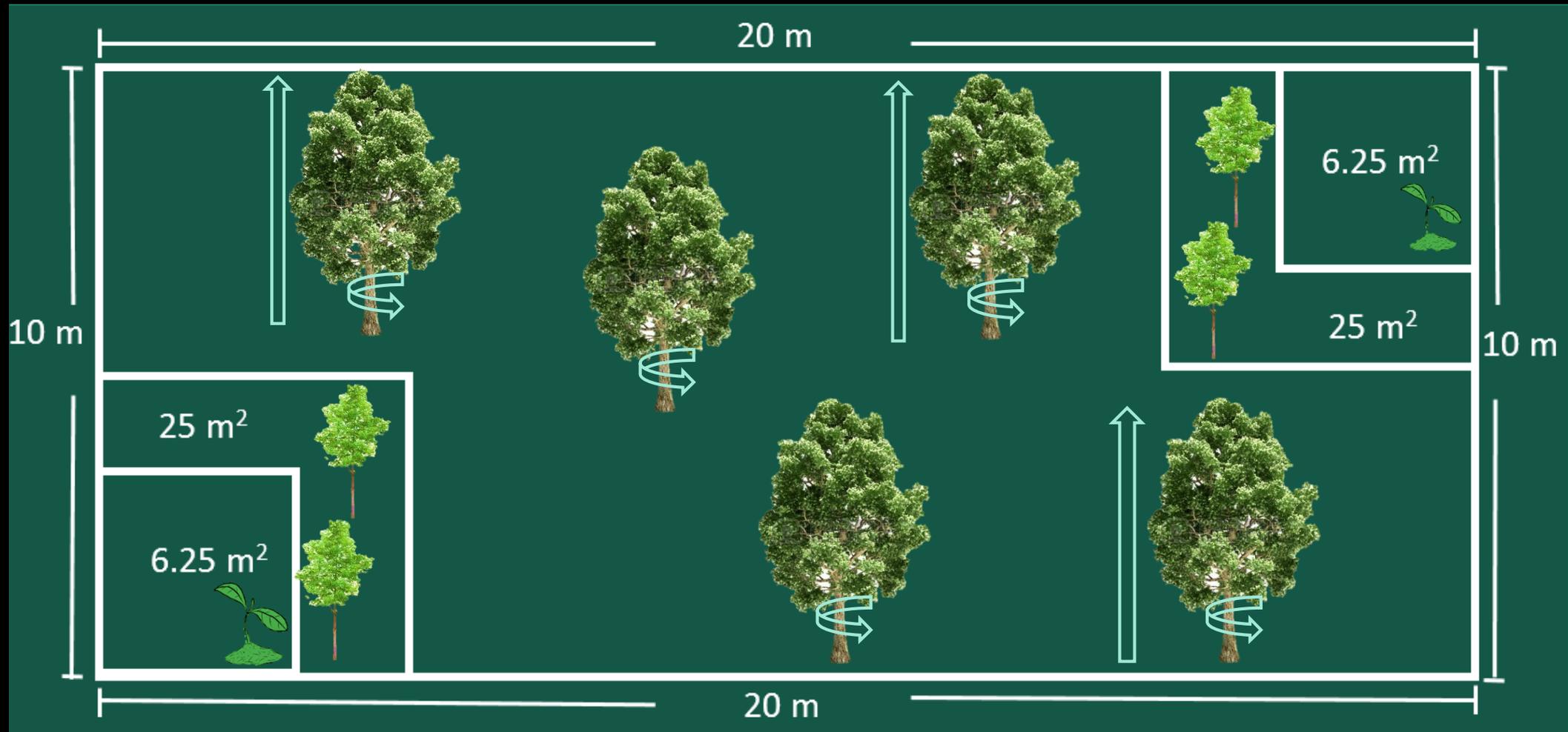
Diseño del muestreo



Condición	No. Parcelas	Distancia al bosque (m)	Pendiente (°)
Bosque	17	---	55 ± 5.73
Plantación mixta	16	241-1575	39.56 ± 5.30
Pasiva adyacente	13	39-338	43.23 ± 7.25
Pasiva no adyacente	15	505-1326	51.07 ± 3.86

Parcelas aleatorias de 10 x 20 (200 m²)

Muestreo de la estructura y diversidad de la vegetación

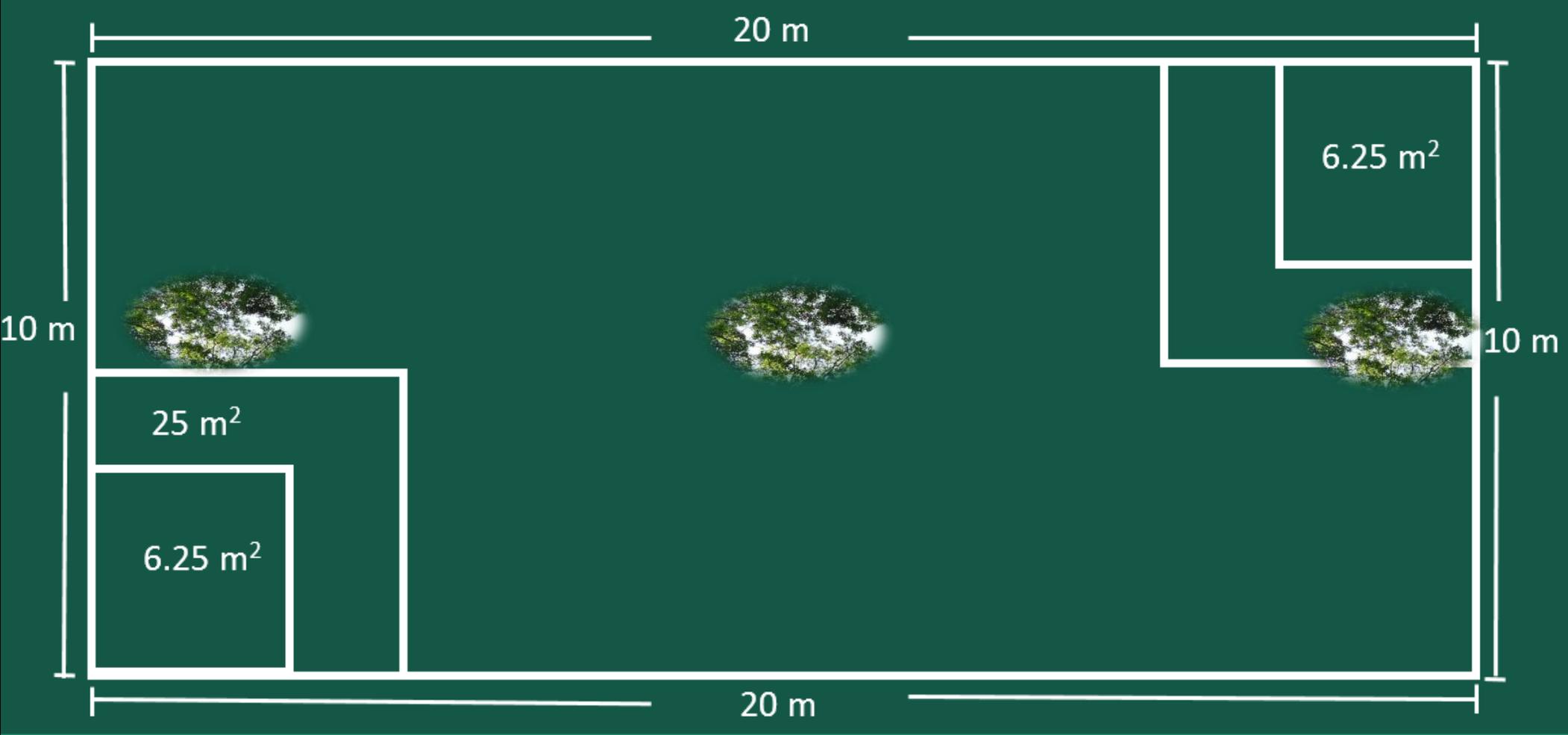


Adultos \geq 10 cm DAP

Juveniles $>$ 1.5 m de altura y $<$ 10 cm DAP

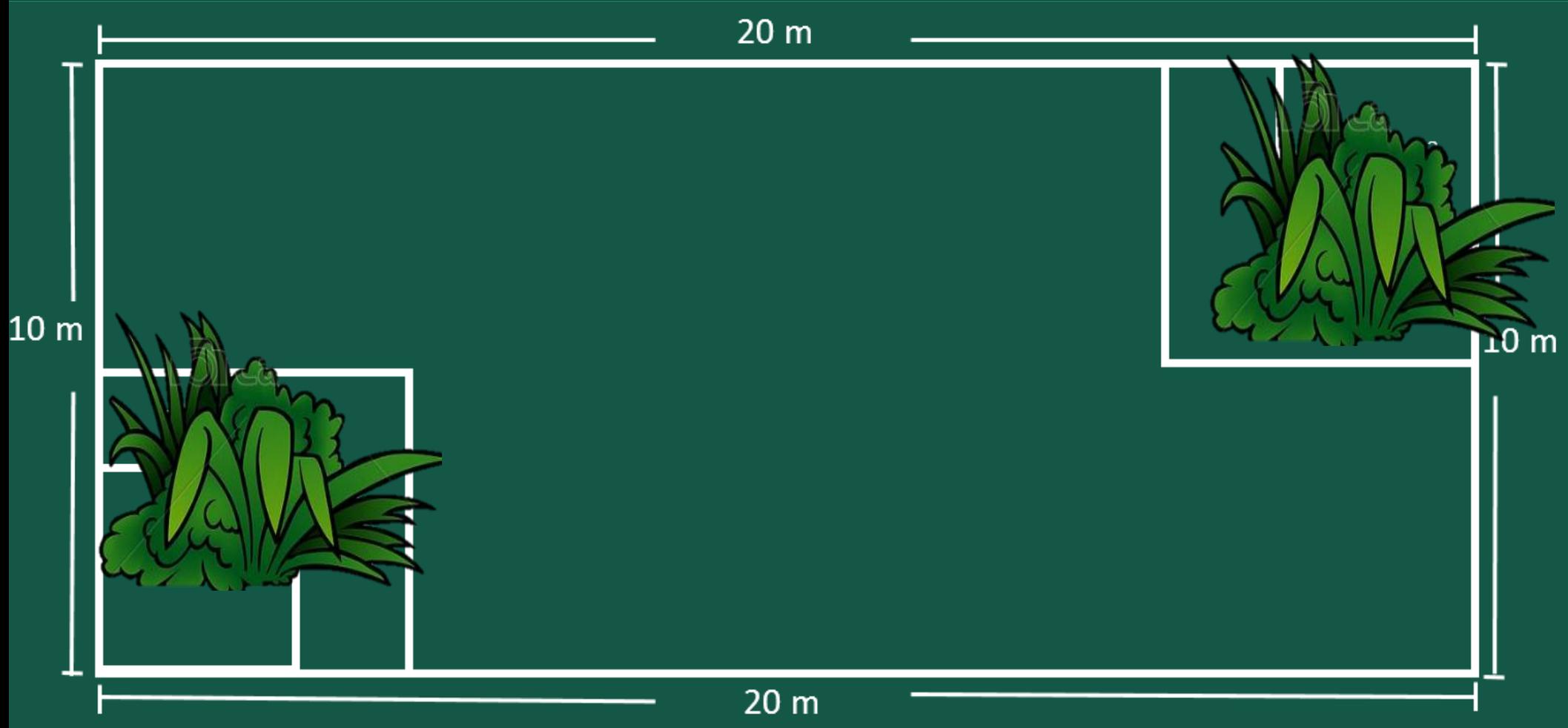
Plántulas \geq 0.3 m a 1.5 m de altura

Muestreo de la estructura y diversidad de la vegetación



Cobertura del dosel

Muestreo de la estructura y diversidad de la vegetación

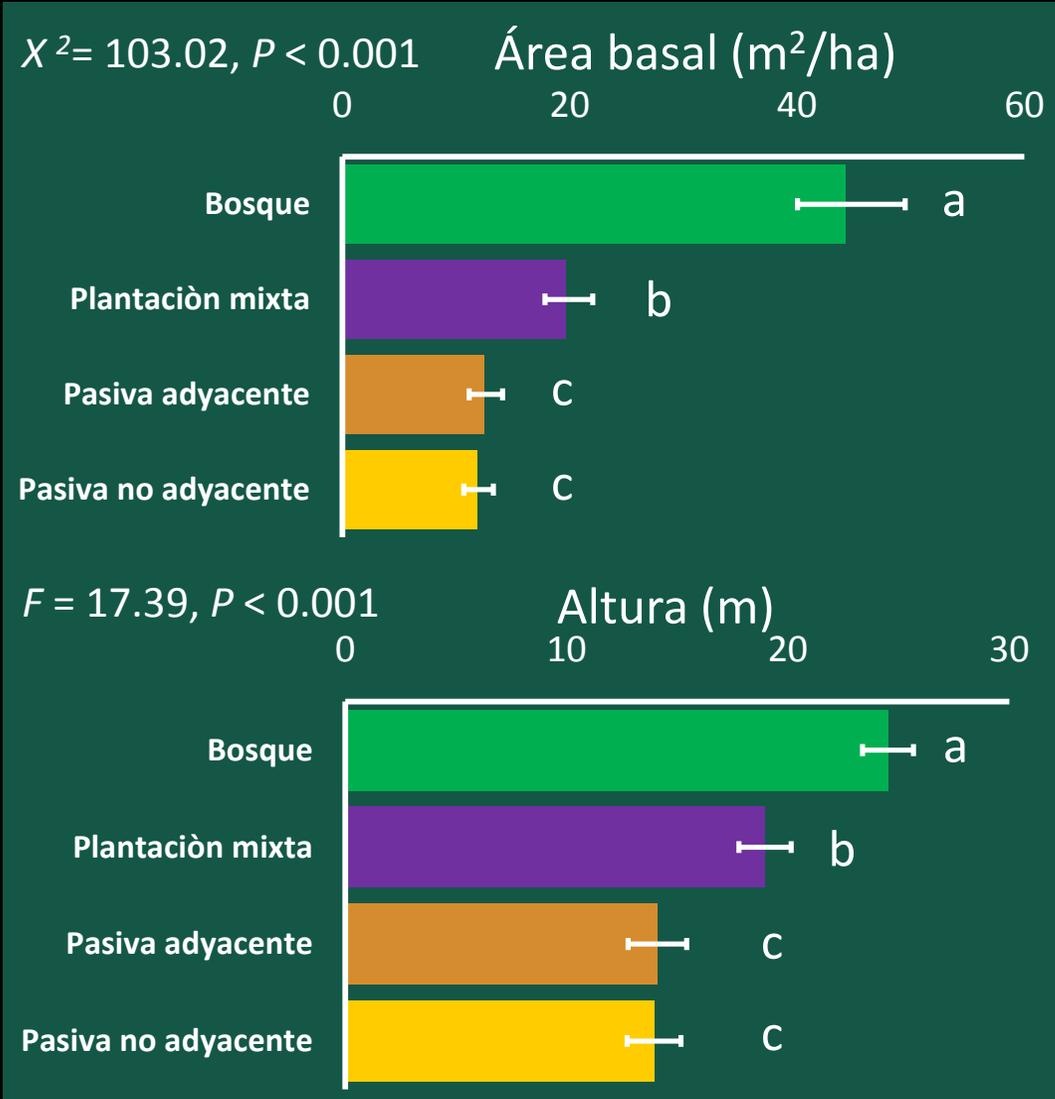


Cobertura de plantas pioneras: trepadoras, pastos, *Piper*, *Selaginella* y *Pteridium*

Categorías: (1) 0% de cobertura, (2) 1-25%, (3) 26-50%, (4) 51-75%, y (5) 76-100%

Resultados y discusión

Estructura de árboles adultos



Posibles causa de mayor área basal y altura en la Plantación mixta:

Especies adecuadas para la restauración en potreros.

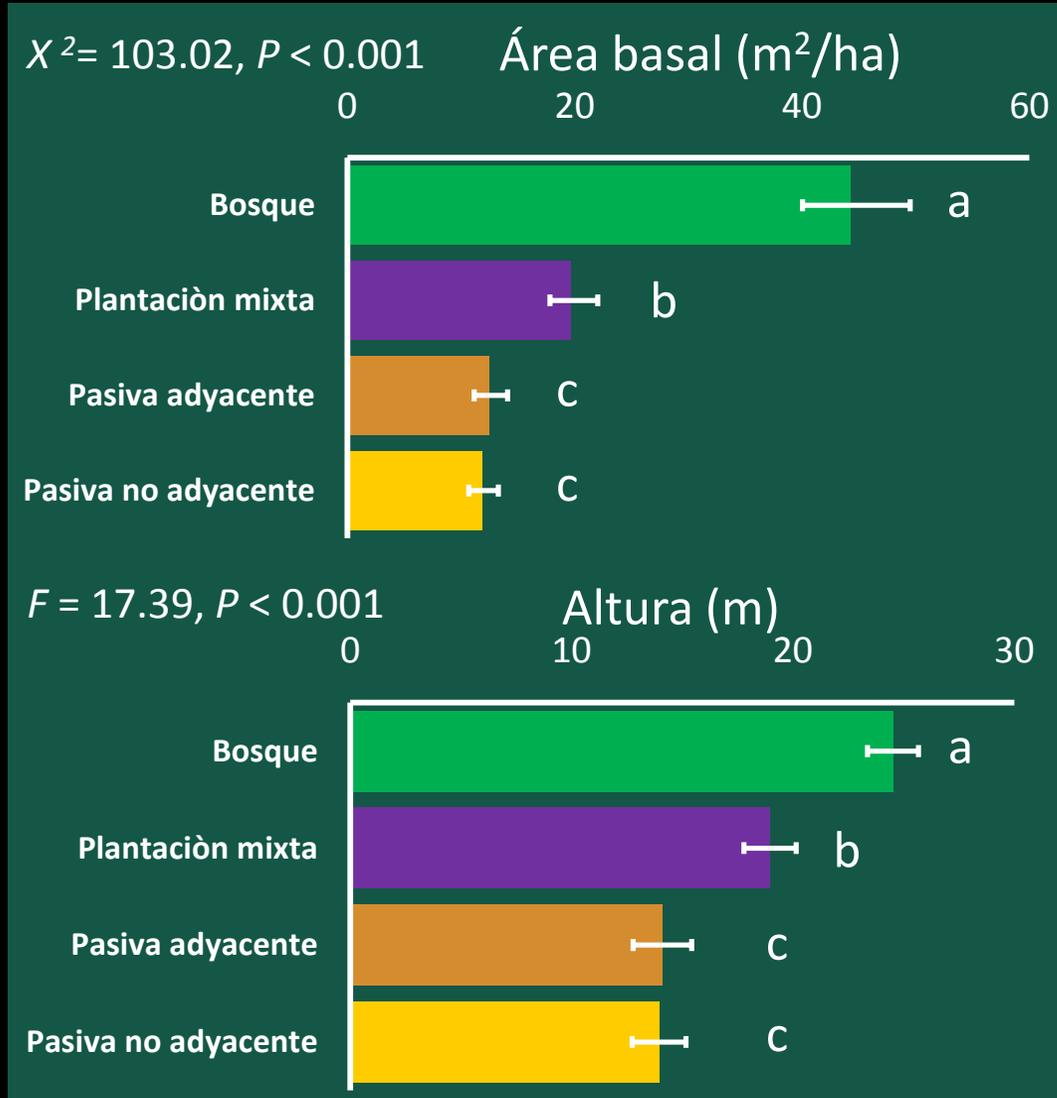
Liquidambar styraciflua tiene altas tasas de crecimiento, se logra establecer en sitios con especies invasoras.

Juglans pyriformis y *Quercus* tienen alta supervivencia en sitios abiertos.



Resultados y discusión

Estructura de árboles adultos

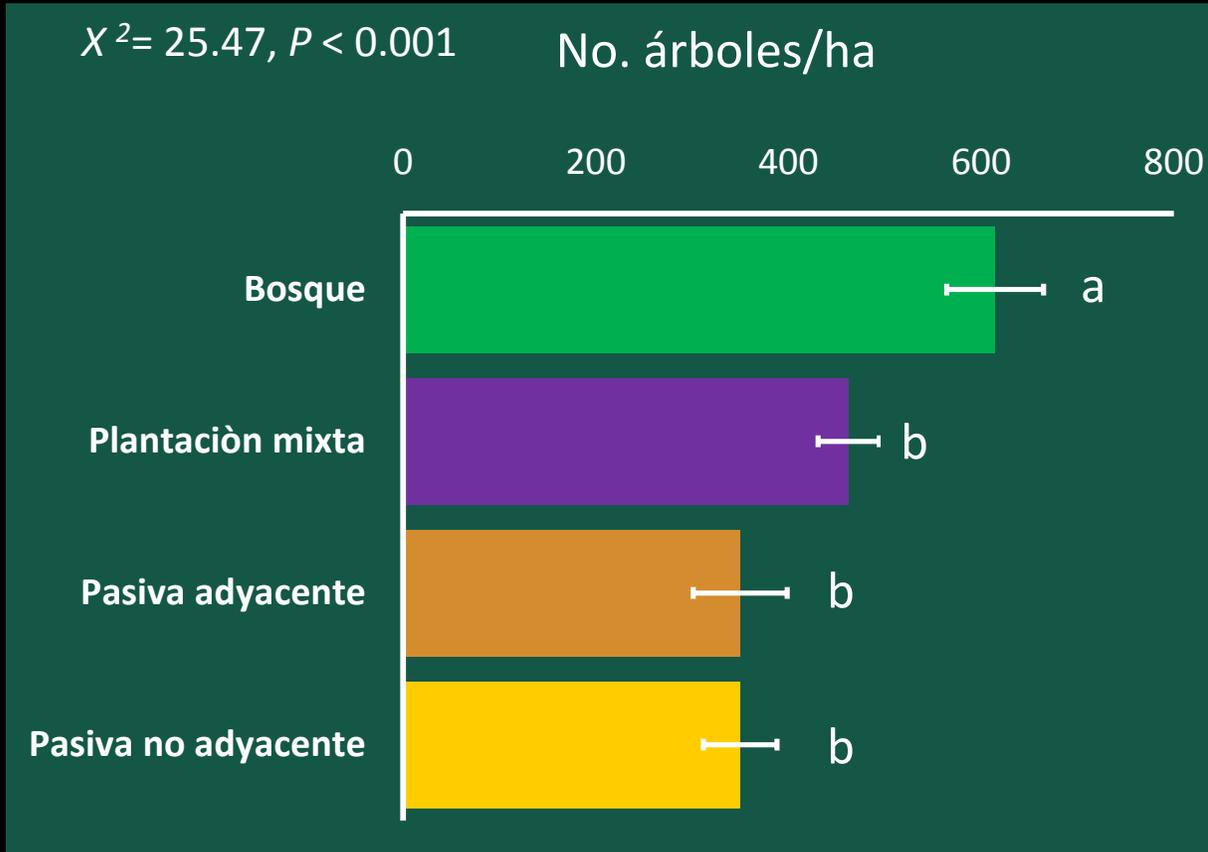


Restauración pasiva en relación al bosques conservados

País	Años	Área basal	Referencias
México	21	27%	Este estudio
México	23	57%	Muñiz-Castro et al. 2012
Costa Rica	8 a 20	16%	Kappelle et al 1996
Costa Rica	10 a 15	8%	Hölscher et al. 2011

- El área basal puede tardar aproximadamente 80 años en recuperar valores similares a los de bosques maduros
- Amplia variación en la recuperación de los bosques tropicales por múltiples factores locales y de paisaje

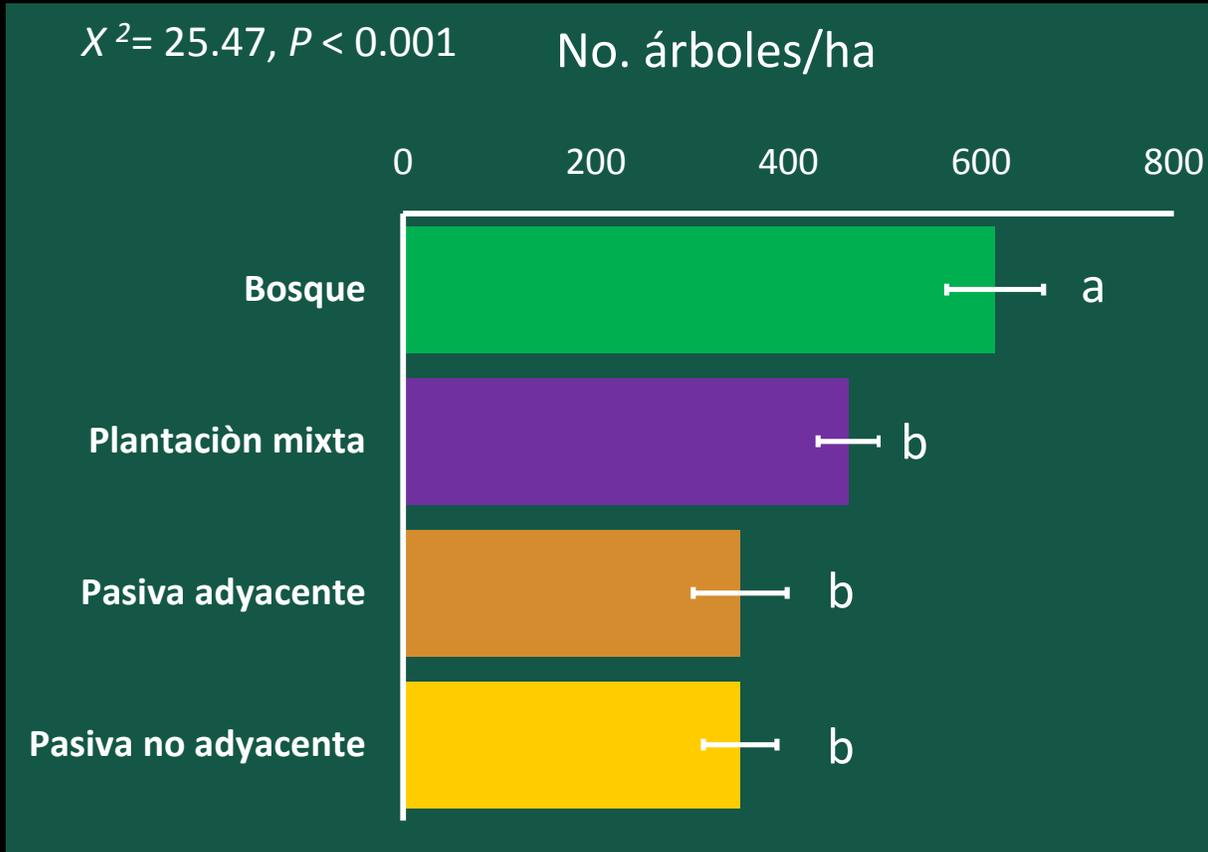
Estructura de árboles adultos



Posibles causas de la baja densidad de árboles:

- Uso ganadero por más de 20 años: eliminación del banco de semillas, rebrotes y plántulas
- Compactación y pérdida de nutrientes en el suelo

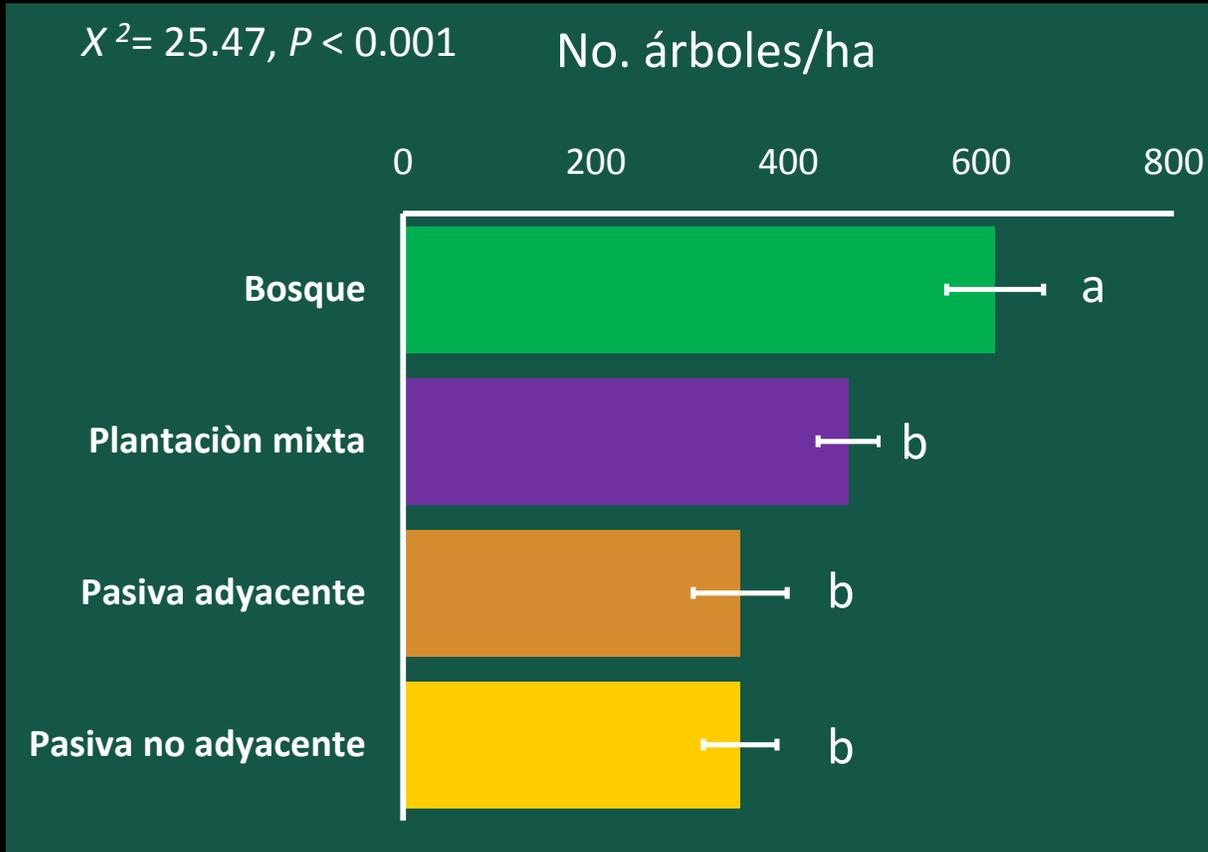
Estructura de árboles adultos



Posibles causas de la baja densidad de árboles en la Plantación mixta:

- Alta mortalidad de los árboles plantados
- Especies sembradas de lento crecimiento o suprimidos

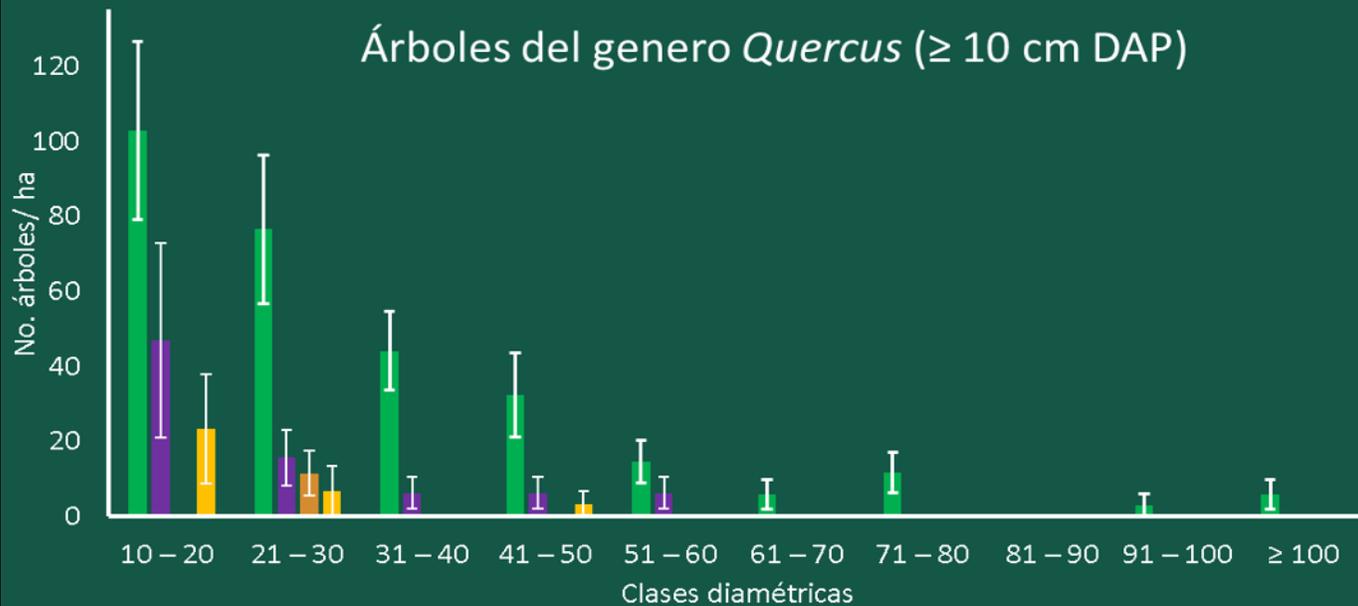
Estructura de árboles adultos



Restauración pasiva adyacente y separada al bosque

Muñiz-Castro et al (2006): No hubo un efecto de la distancia al borde del bosque en la densidad, área basal y altura.

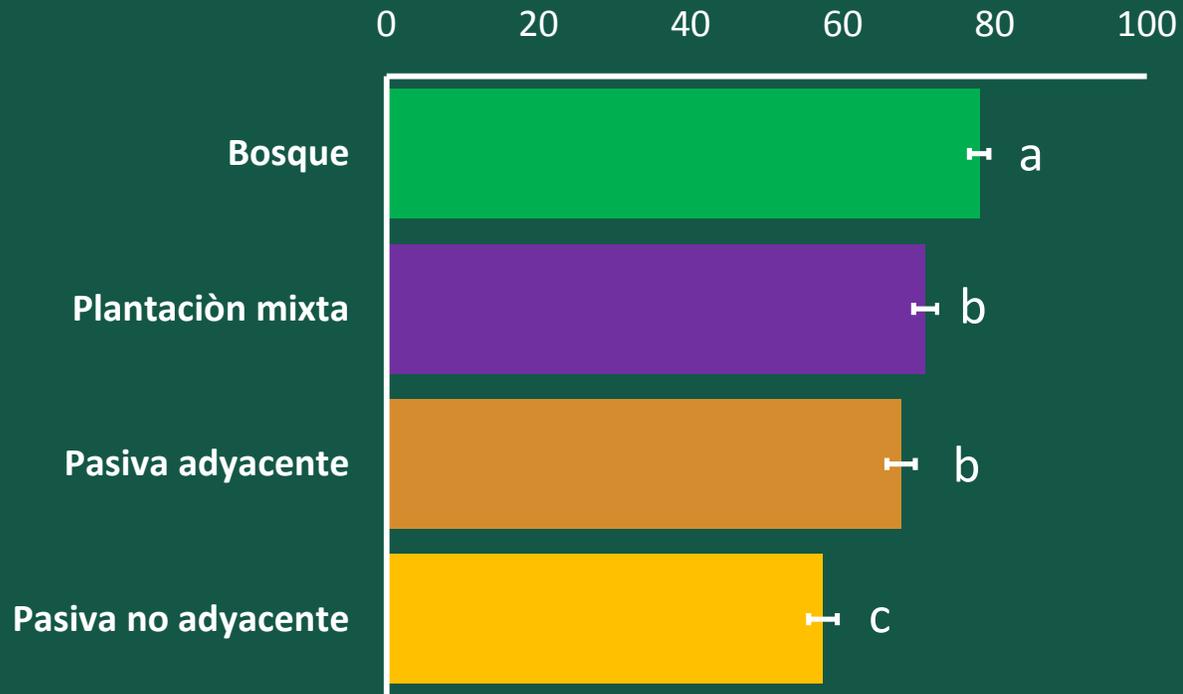
Estructura árboles adultos: Clases diamétricas



Estructura

$F = 27.23, P < 0.001$

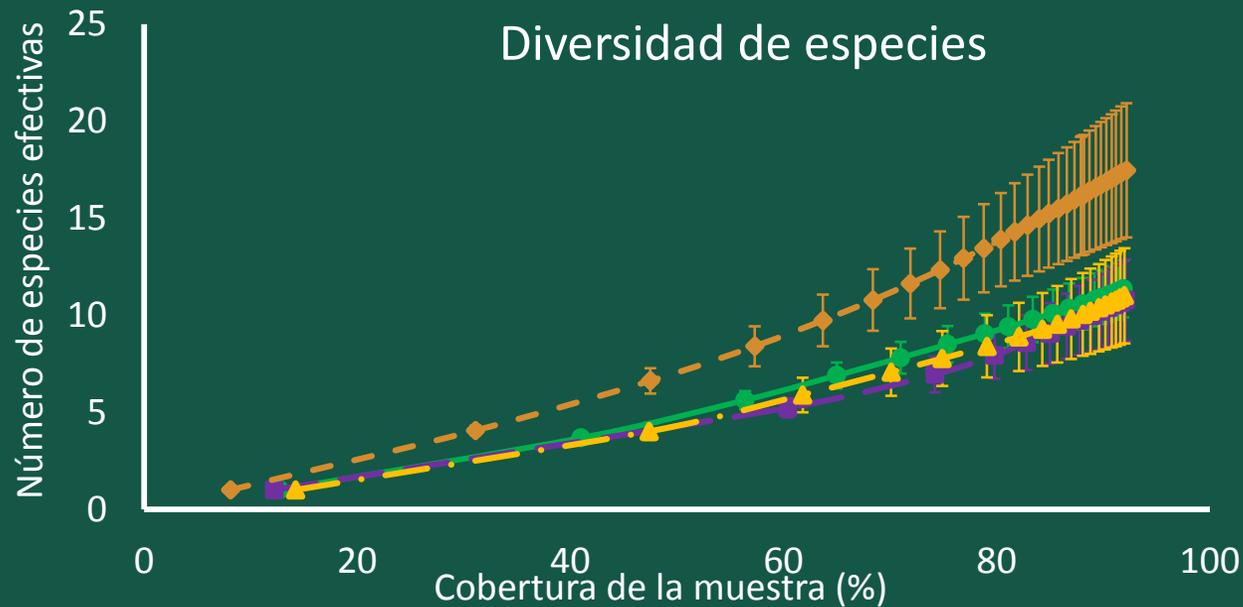
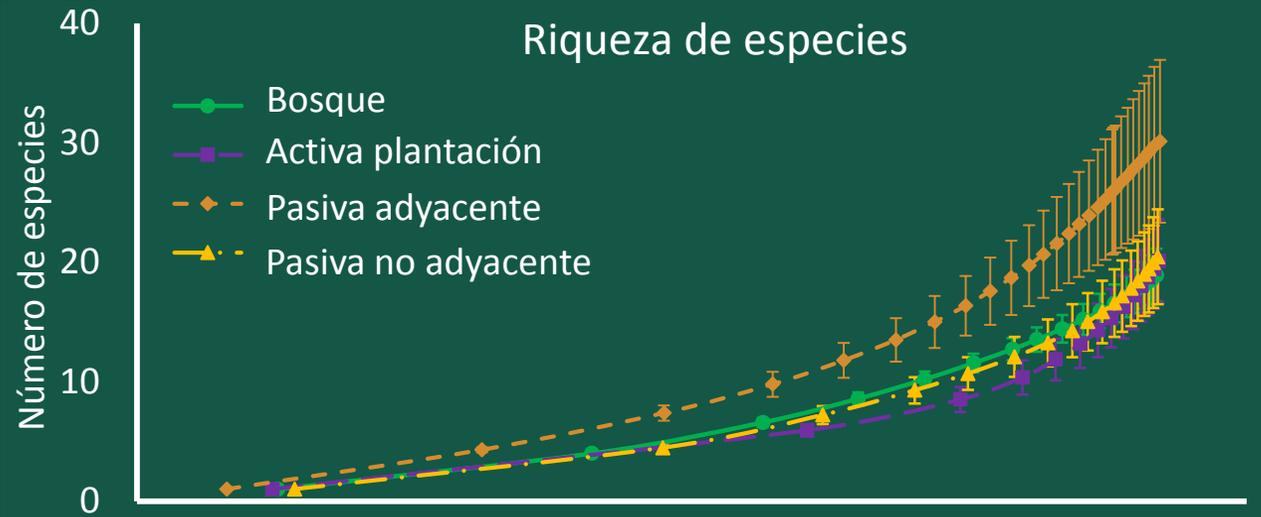
Cobertura del dosel (%)



La cobertura del dosel tiene una relación directa con la recuperación de la biomasa, generar condiciones microclimáticas favorables y proveer refugio a la fauna dispersora.



Diversidad de árboles adultos

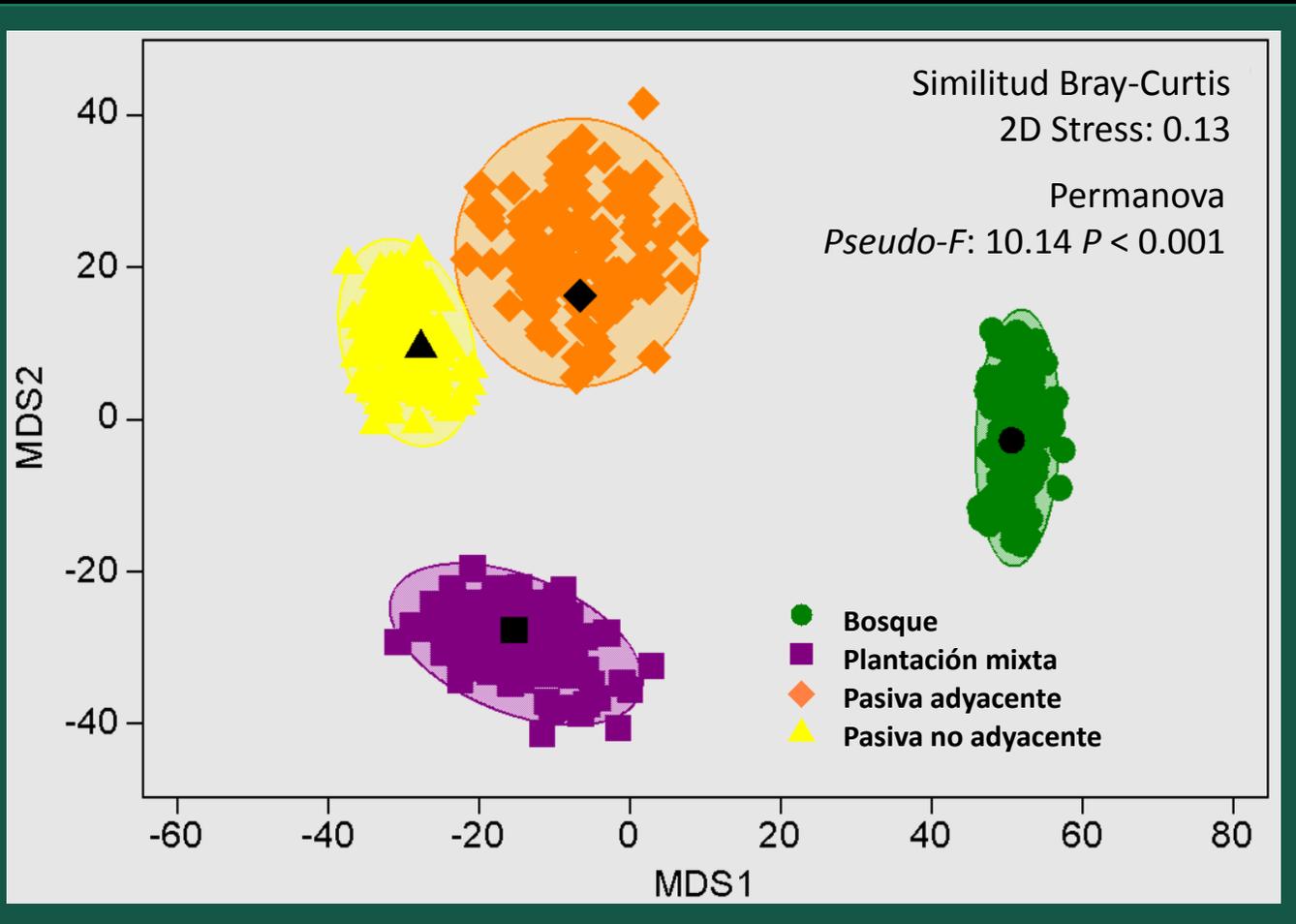


Total: 34 familias, 44 géneros y 52 especies

Condición	Riqueza observada	Cobertura de la muestra (%)
Bosque	26	95.7
Activa plantación	23	93.96
Pasiva adyacente	26	88.03
Pasiva separada	21	92.44

Muñiz-Castro et al. 2012: Bosques secundarios alcanzaron valores similares a los de bosques maduros en 15 años para riqueza y 25 años para diversidad.

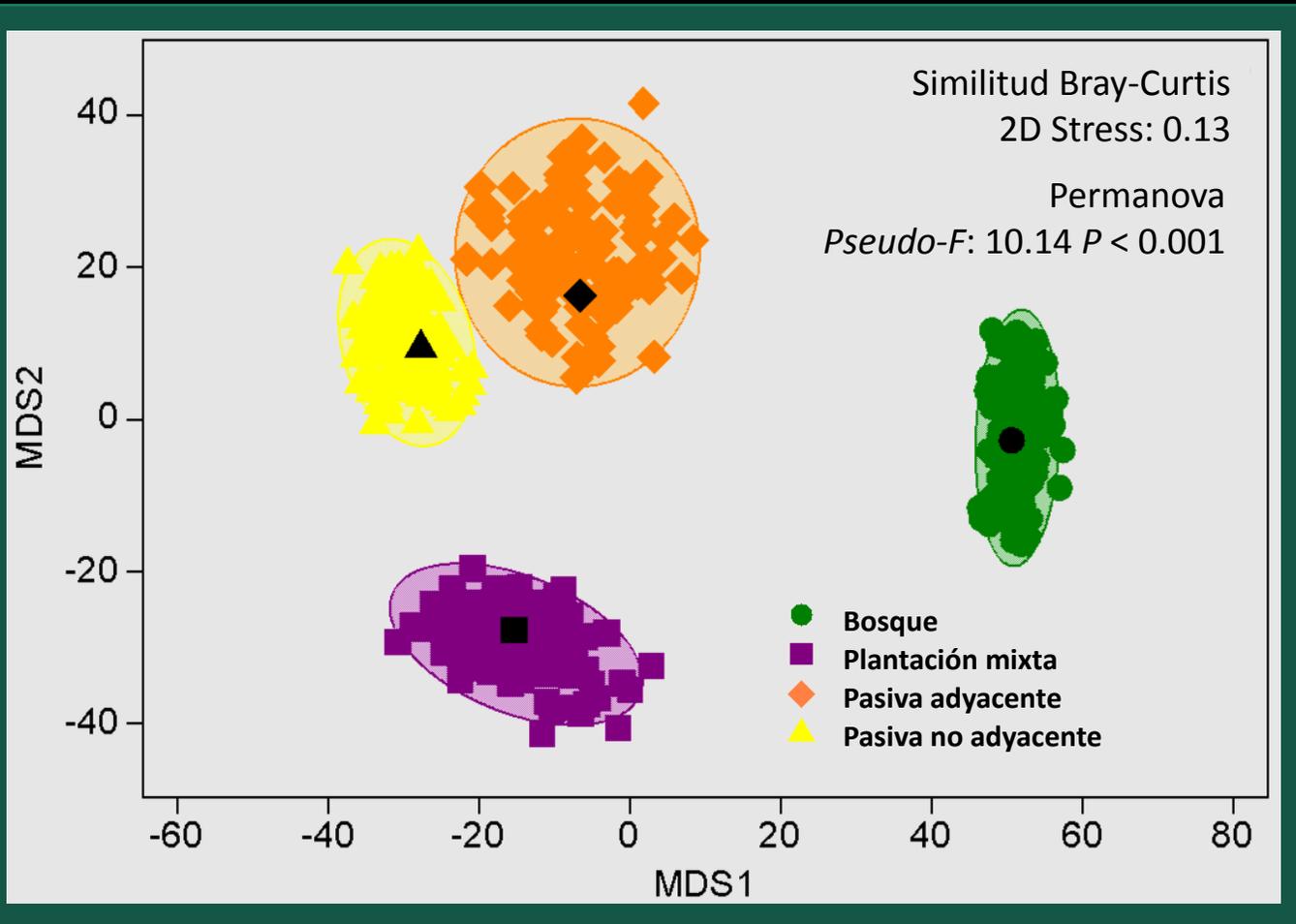
Similitud en la composición de especies de árboles adultos con el bosque conservado



La baja similitud entre la Plantación mixta y el bosque podría deberse a:

- Especies sembradas no han sido registradas en el ecosistema de referencia
- Las especies sembradas dominan el dosel durante los primeros años de sucesión

Similitud en la composición de especies de árboles adultos con el bosque conservado



La baja similitud entre Restauración pasiva y el bosque podría deberse a:

- Alta intensidad lumínica y presencia de pastos sembrados

Valor de importancia relativa para árboles adultos

Especies	Bosque	Activa plantación	Pasiva adyacente	Pasiva no adyacente
<i>Quercus paxtalensis</i>	30.53			
<i>Quercus lancifolia</i>	11.34			
<i>Quercus insignis</i>	9.42			
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	7.54			
<i>Trema micrantha</i>		15.61	14.09	11.96
<i>Myrsine coriacea</i>		14.93	27.37	24.11
<i>Liquidambar styraciflua</i>		18.98		

Bosque:

Dominan especies de tolerancia intermedia o tolerantes a la sombra

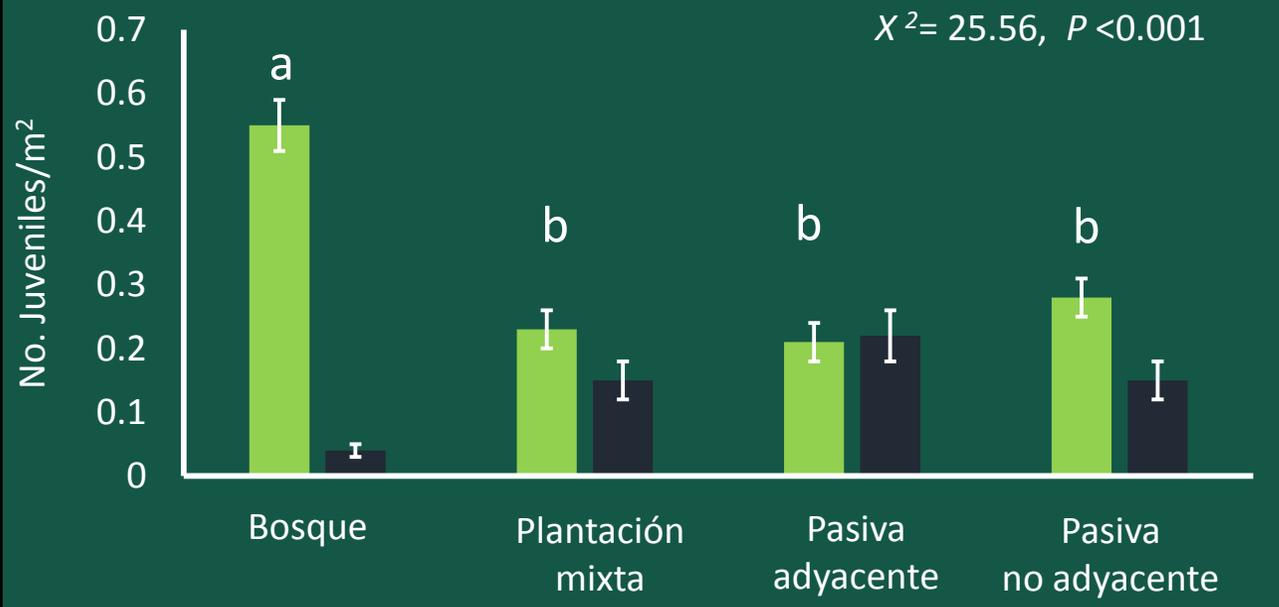
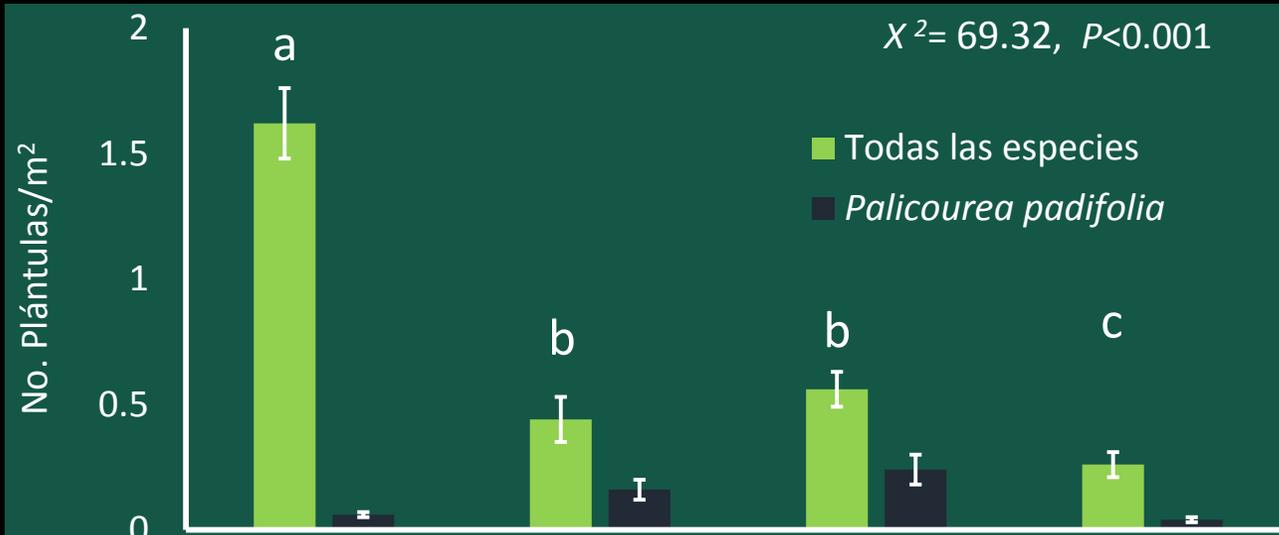
Todas las condiciones de restauración:

Dominan especies heliófilas

Regeneración Plántulas y juveniles

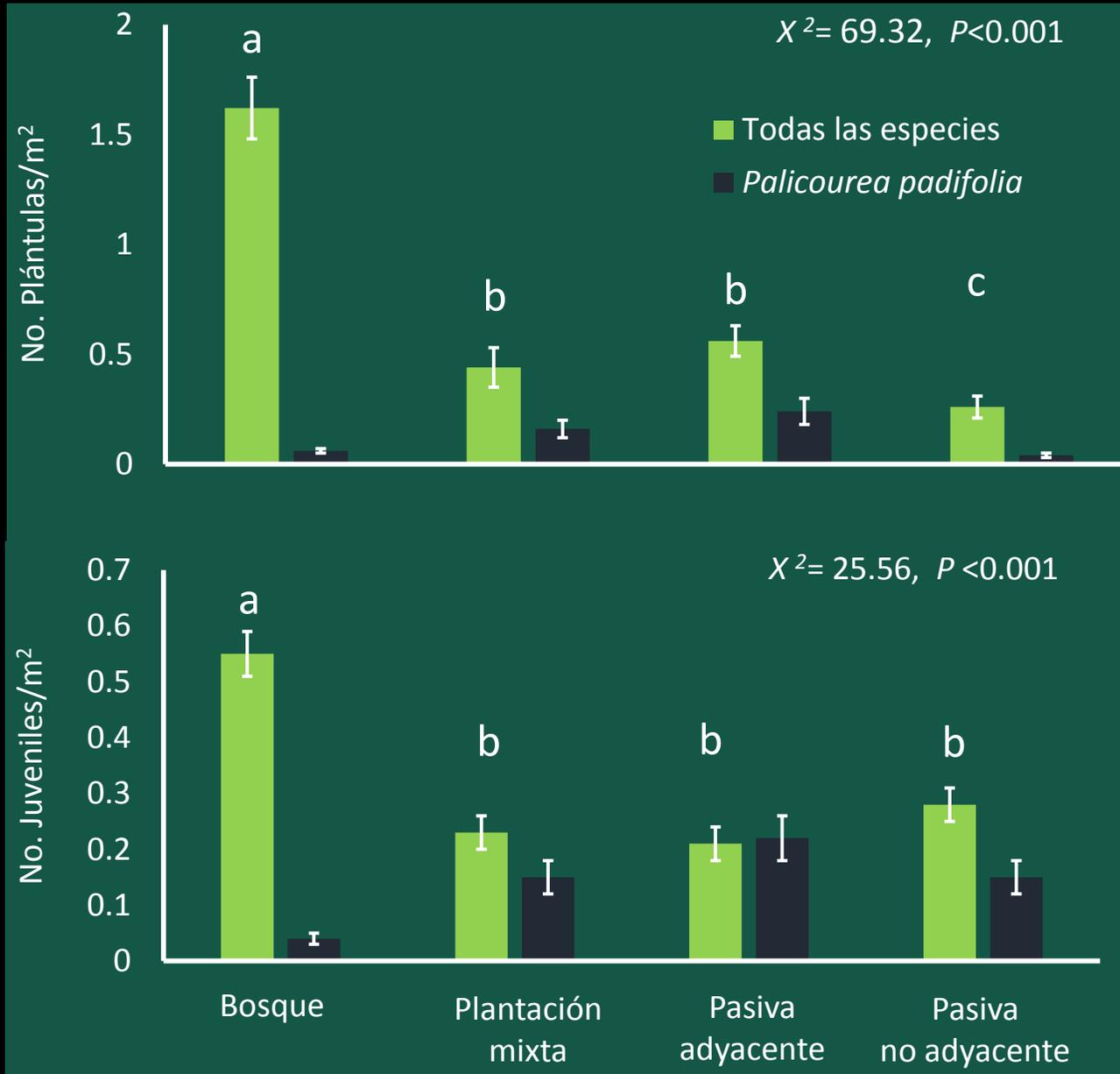


Estructura de plántulas y juveniles



	Plántulas ind/m²	Juveniles ind/m²	Referencias
Veracruz	0.79-1.17	0.39-0.53	Ortiz-Colín, 2015
Veracruz	0.72-4.73	0.15- 0.35	Álvarez-Aquino, 2002
Chiapas	1.3-3.9	1.3-2.1	Ramírez-Marcial et al. 2001
Bosque	1.62	0.55	Este estudio
Plantación mixta	0.44	0.23	Este estudio
Pasiva adyacente	0.54	0.21	Este estudio
Pasiva no adyacente	0.20	0.27	Este estudio

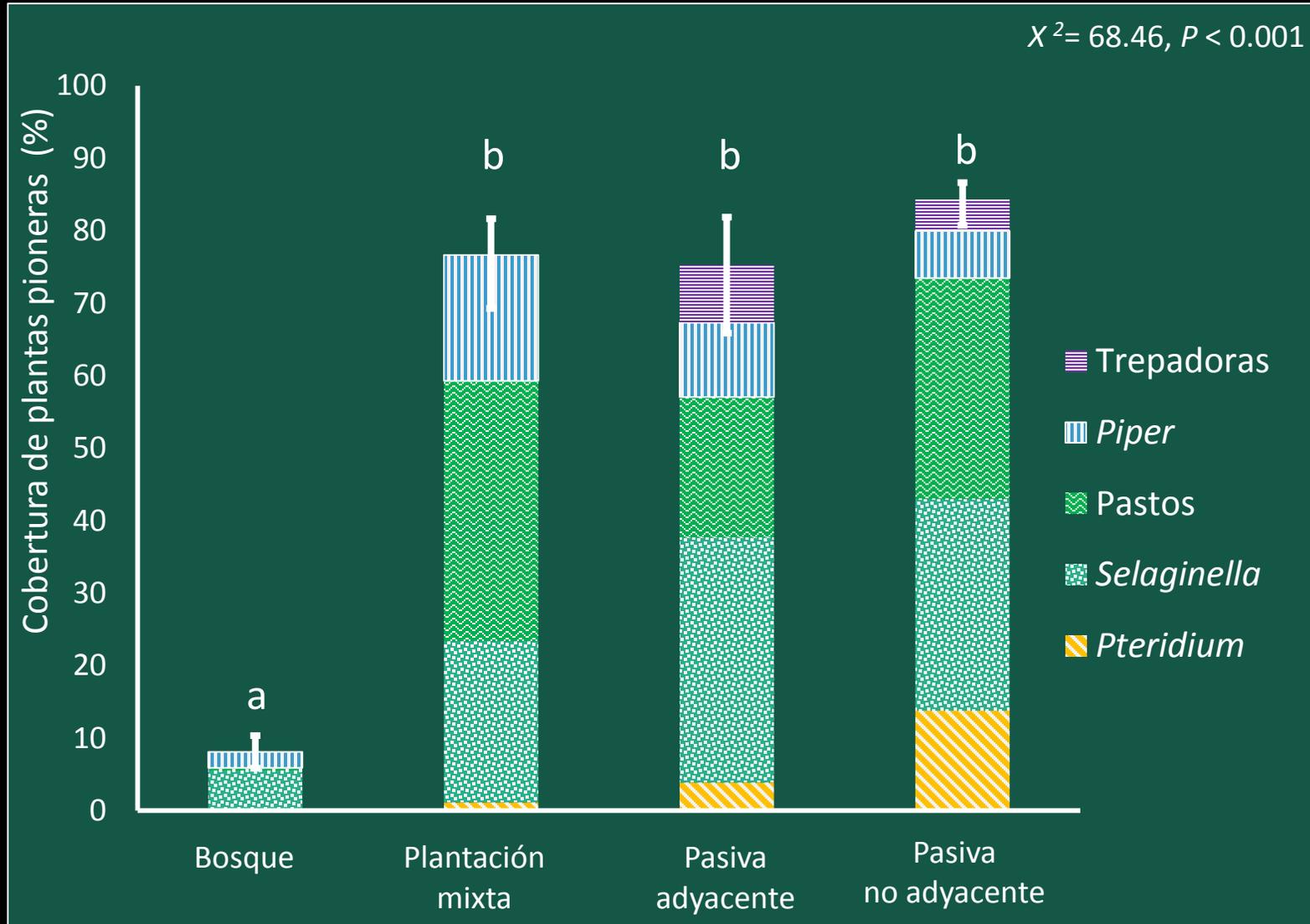
Estructura de plántulas y juveniles



Posibles causas de la baja regeneración:

- Baja producción y/ o dispersión de semillas
- Desacople en la producción de semillas y condiciones de microhábitat
- Alta cobertura de *Piper*, pastos, *Selaginella*, *Pteridium* y trepadoras

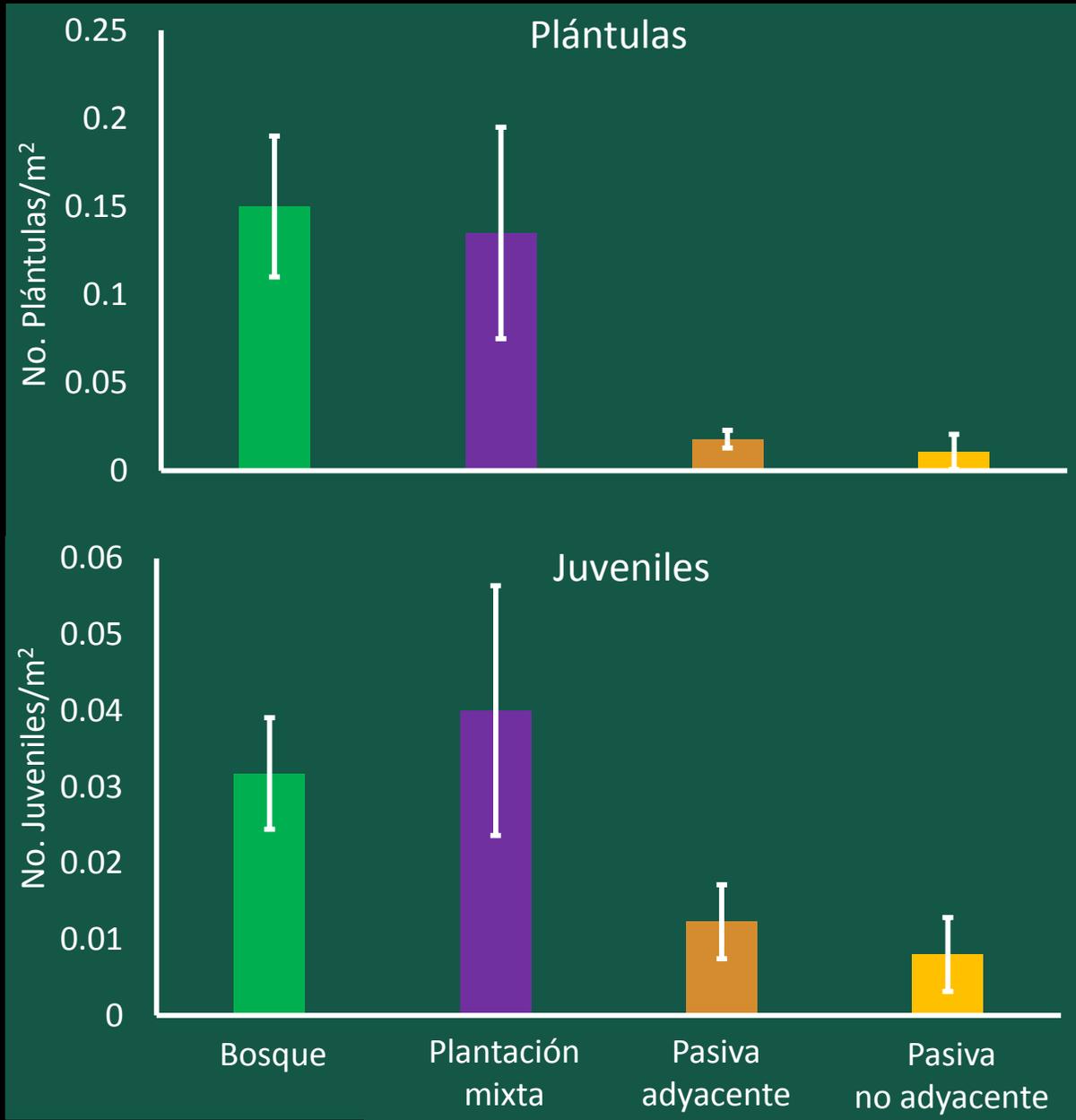
Estructura de plántulas y juveniles



Posibles causas de la baja regeneración:

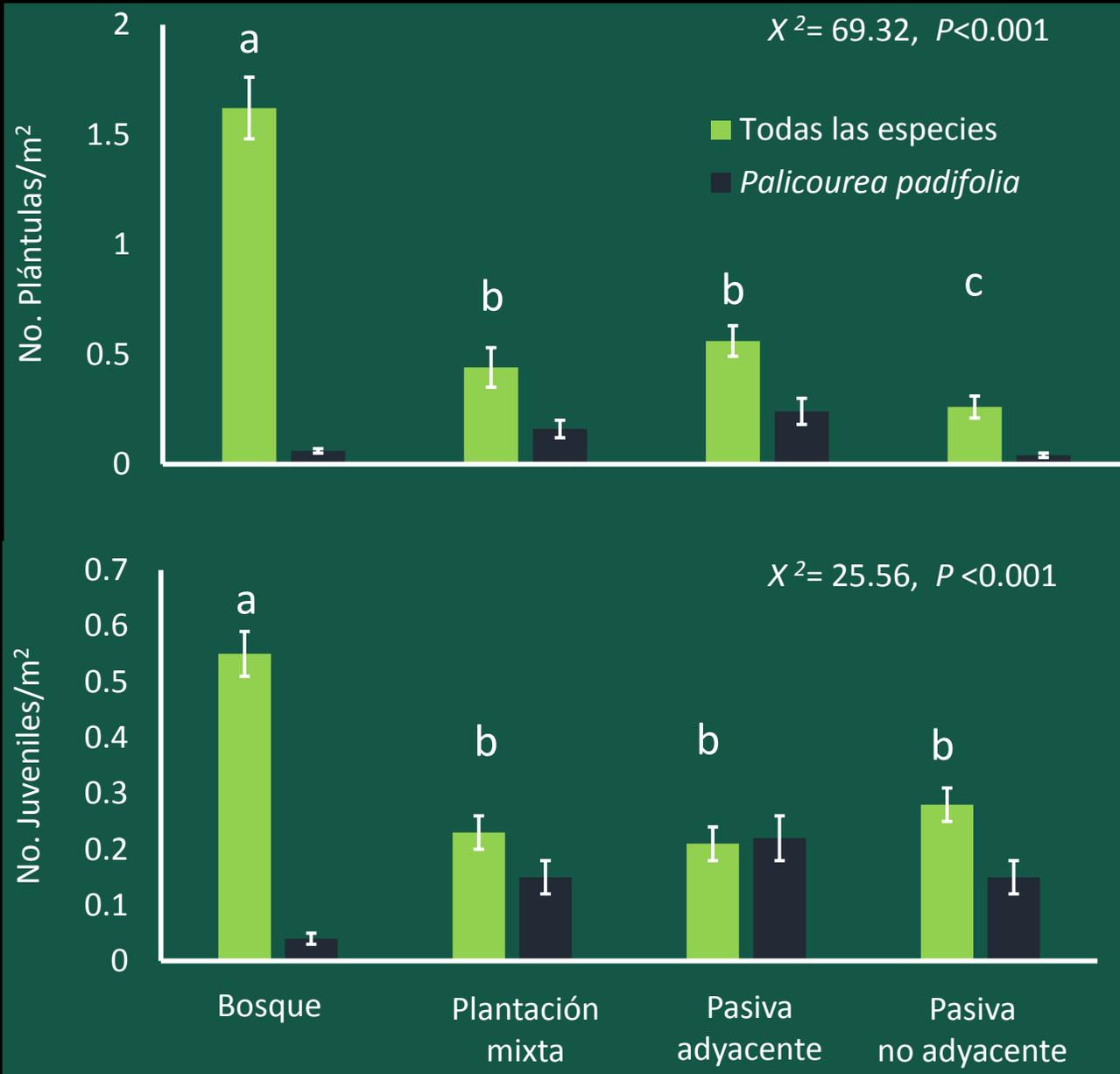
Alta cobertura de *Piper*, pastos, *Selaginella*, *Pteridium* y trepadoras.

Densidad de plántulas y juveniles del género *Quercus*



La Plantación mixta a favorecido el establecimiento del genero *Quercus*.

Estructura de plántulas y juveniles

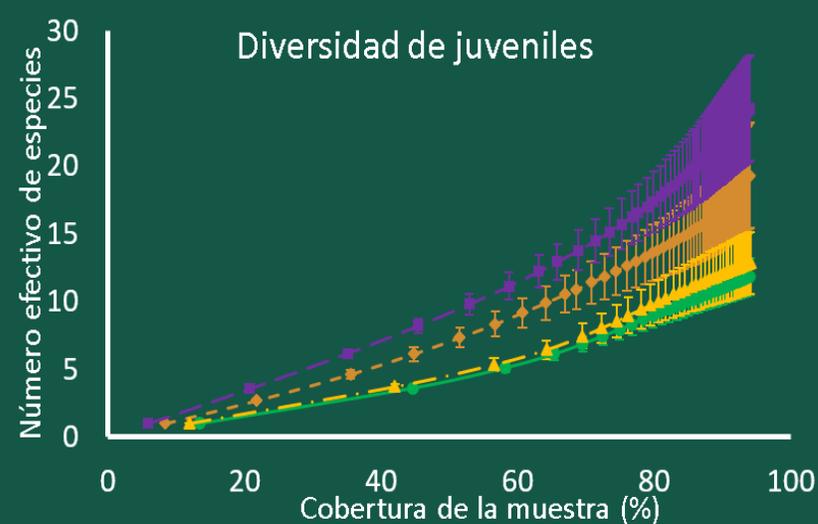
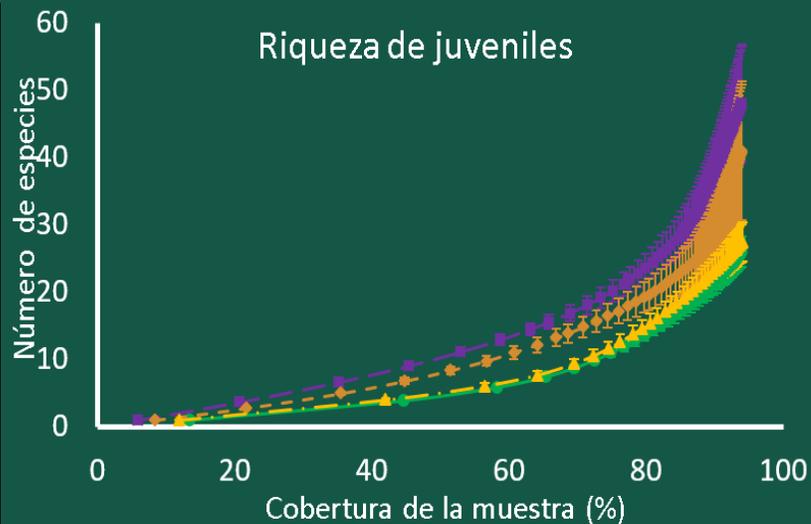
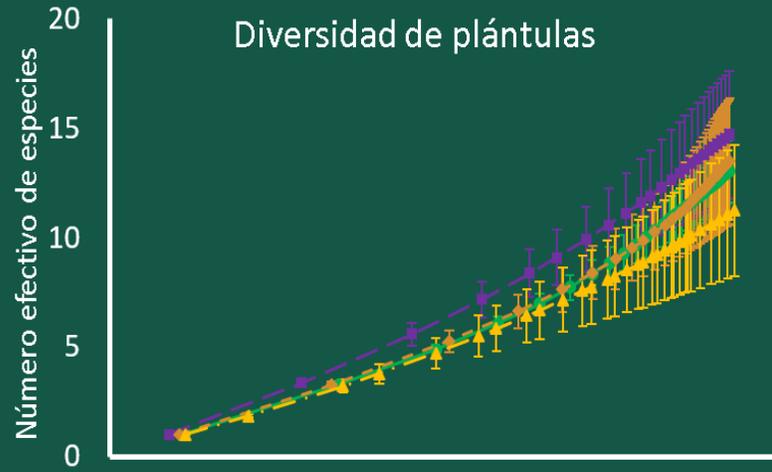


Palicourea padifolia



Riqueza y diversidad de plántulas y juveniles

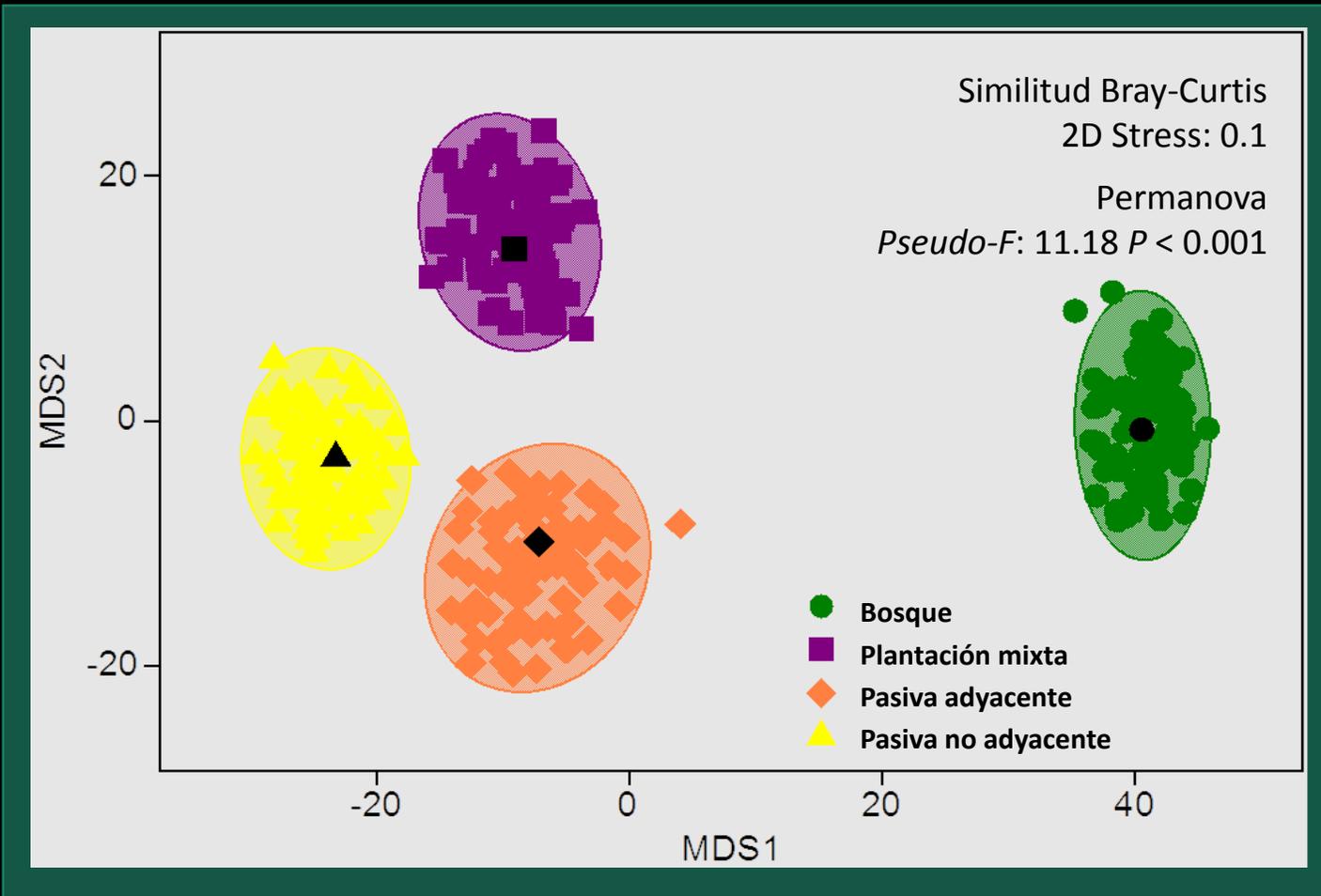
Total: 51 especies de plántulas y 74 especies de juveniles



Posibles causas de la riqueza y diversidad:

- Elementos en el paisaje: cercas vivas, fragmentos de bosque y árboles remanentes
- Presencia de fauna dispersora: 32 especies de aves y 35 especies de mamíferos
- Atracción de la fauna dispersora por árboles sembrados y regenerados naturalmente

Similitud en la composición de especies de plántulas y juveniles



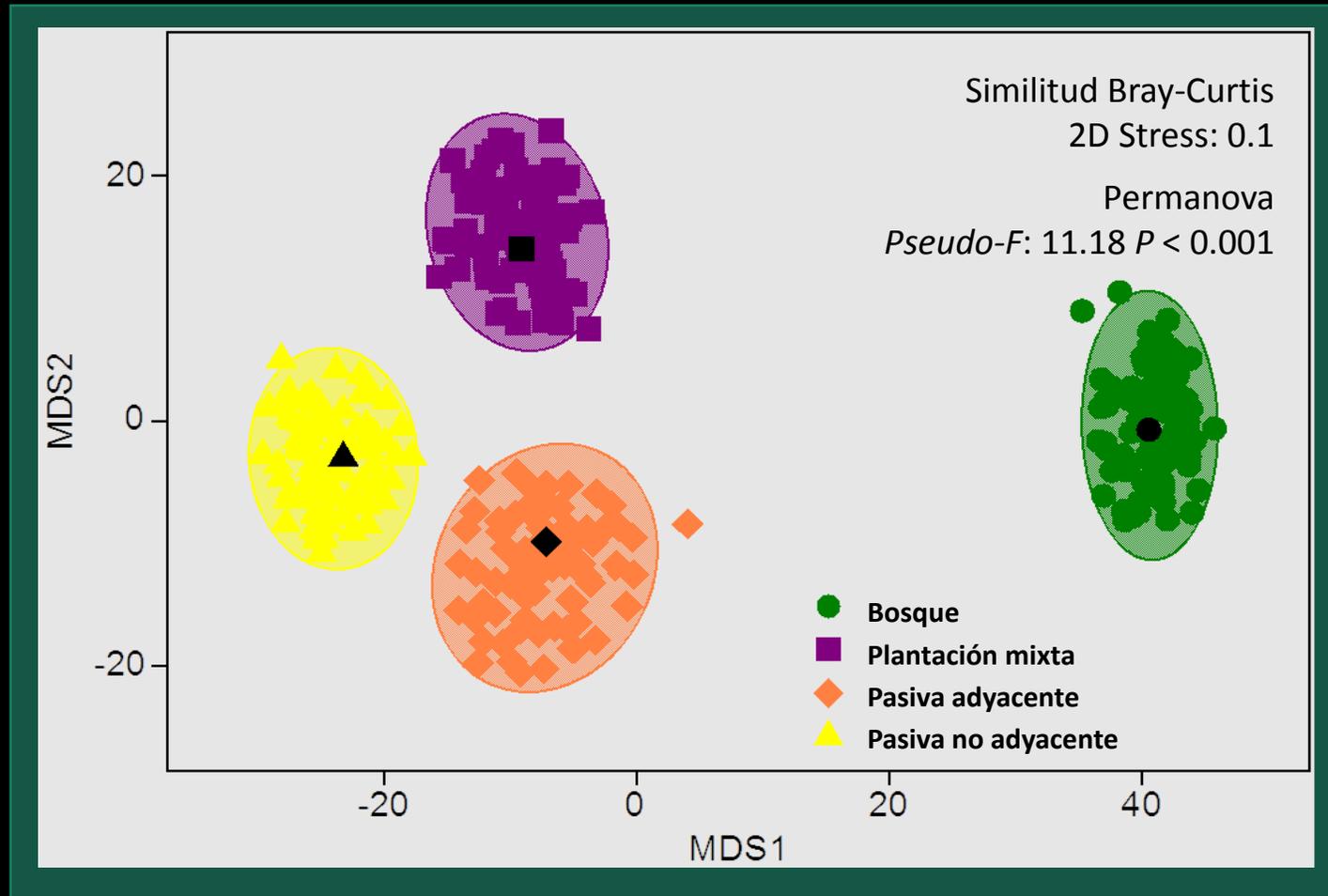
La mayor similitud entre la Plantación mixta y el bosque, en comparación con la Pasiva no adyacente al bosque podría deber a:

- Generación de microambiente adecuado.
- Recuperación de las condiciones del suelo.

Liquidambar styraciflua: Provee de biomasa foliar.

Quercus sapotifolia ayuda a disminuir pérdida de elementos.

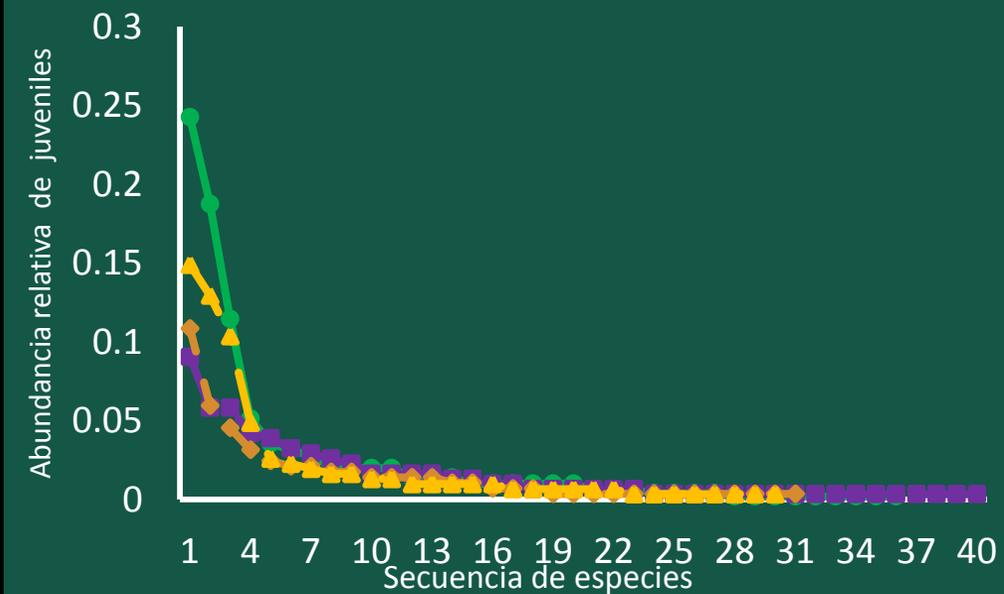
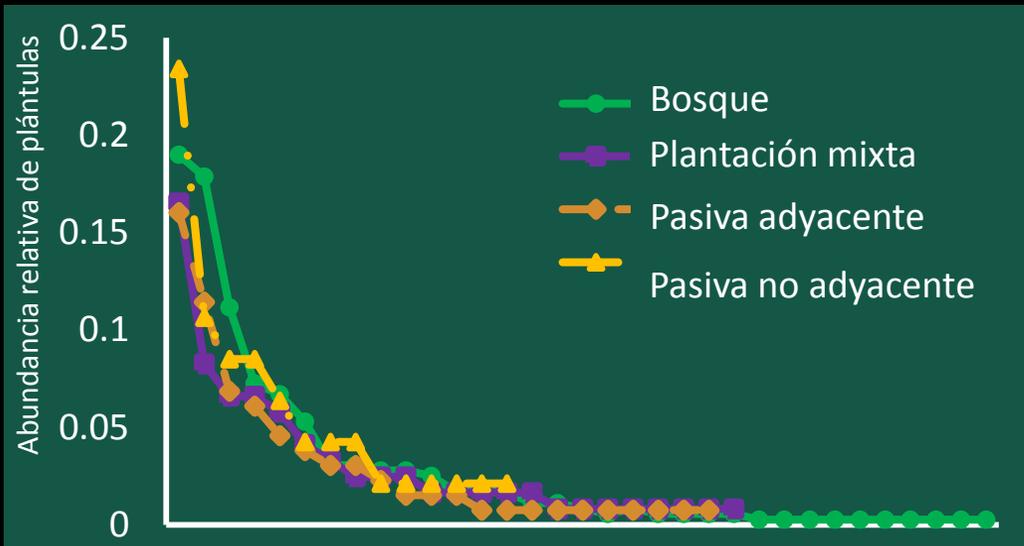
Similitud en la composición de especies de plántulas y juveniles



La baja similitud entre Restauración pasiva no adyacente al bosque y el bosque podría deberse a:

- Distancia al bosque
- Menor cobertura del dosel: especies heliófilas

Composición de especies de Plántulas y juveniles



Bosque



Lauraceae y Myrtaceae

Plantación mixta



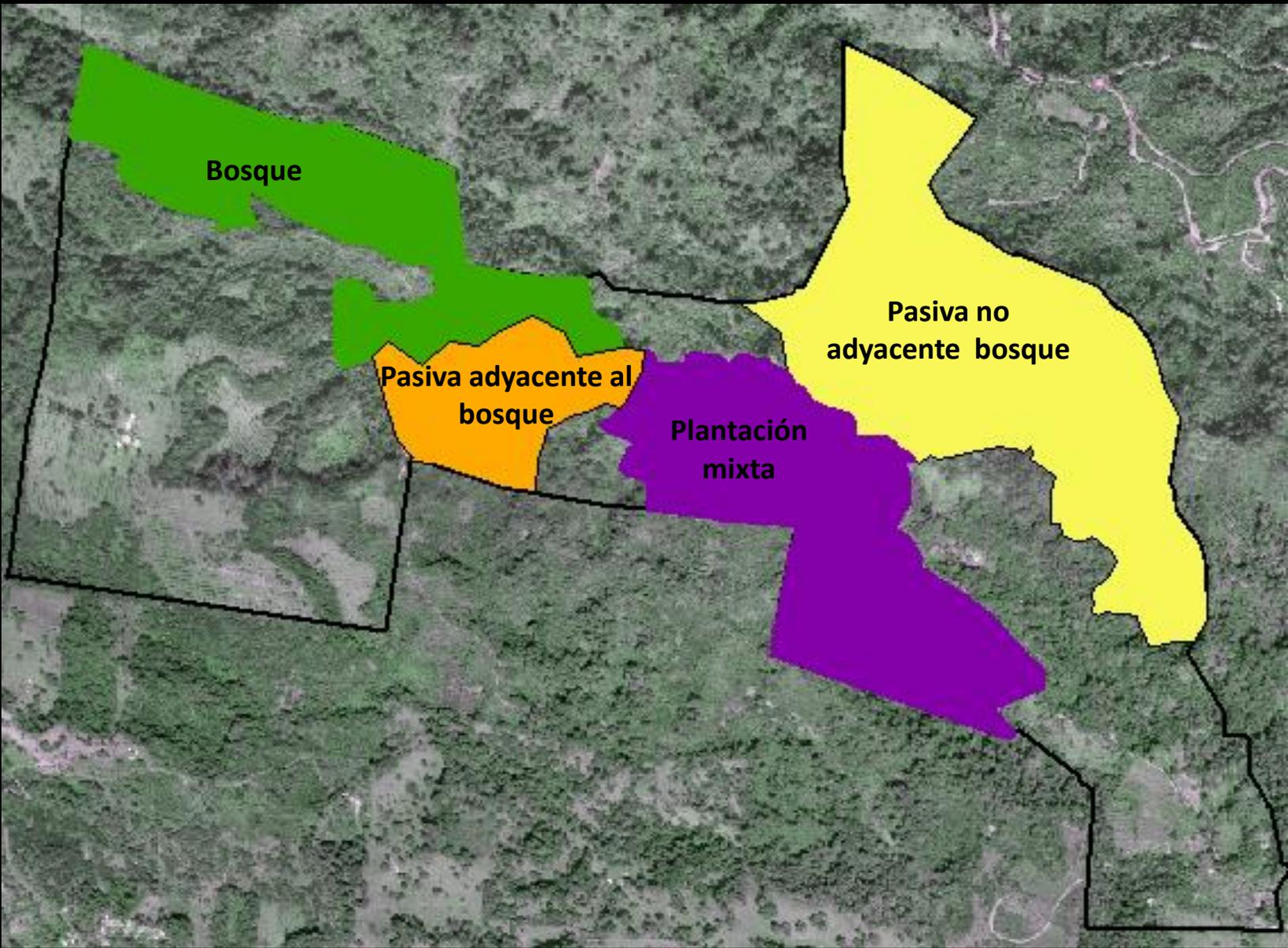
Fagaceae y Lauraceae

Restauración pasiva



Rubiaceae y Melastomataceae

La restauración pasiva y activa pueden complementarse como estrategias en un mismo paisaje



Recomendaciones

Estrategias de restauración:

- Plantaciones de enriquecimiento (plántulas y/o semillas) con especies características del bosque de referencia en zonas con dosel
- Siembra de plántulas y/o semillas de especies heliófilas en zonas dominadas por trepadoras y *Pteridium*
- Eliminación o reducción de especies herbáceas o arbustivas

Estrategias planificadas con un diseño que permita evaluar los factores que pueden estar limitando la regeneración de las especies de interés.



Quercus insignis



Quercus lancifolia



Quercus insignis



Trepadora



Pteridium



Trepadora



Piper y Pastos

Conclusiones

- El establecimiento de plantaciones mixtas (restauración activa) en potreros abandonados acelero la recuperación de la estructura de la vegetación.
- La plantación no ha catalizado la densidad de plántulas y juveniles, pero acelero el establecimiento del genero *Quercus*.
- La riqueza y diversidad de especies de árboles no difirió entre la restauración activa y pasiva.
- La plantación mixta ha favorecido parcialmente la similitud en la composición de especies de plántulas y juveniles del bosque de referencia.
- La restauración pasiva puede recuperar parcialmente la composición de especies en las áreas más cercanas al ecosistema de referencia.



- El valor de riqueza y diversidad no deben ser interpretados como indicadores de éxito por si solos.
- El monitoreo de los cambios en el sistema es necesario para diseñar o ajustar intervenciones adecuadas para asistir la recuperación de los procesos y funciones del ecosistema.



Agradecimientos

Directora de tesis:

Dra. Tarin Toledo Aceves

Comité tutorial:

Dra. Fabiola López Barrera

Dra. Patricia Gerez Fernández

Asesoría estadística:

Dr. Roger Guevara Hernández

Las Cañadas:

Ricardo Romero González

Victorino Tepatlan Fuentes

Raúl Bandín

Apoyo en campo y gabinete:

Claudia Gallardo

Maria de Jesús Peralta

Víctor Vásquez

Rafael López

Filiberto Suarez

Rosario Langrave

Apoyo y amor:

Abraham Tame

Mariana Miranda

Armando Trujillo

Diana Vergara

Julia Cuellar

Jocelyn Duran



Similitud en la composición de especies de plántulas y juveniles con el bosque conservado

Especies	Registradas solo en el Bosque
<i>Cojoba arborea</i>	14
<i>Cornus florida</i>	1
<i>Ilex</i> sp	10
<i>Inga oerstediana</i>	7
<i>Mollinedia</i> sp	16
<i>Nectandra salicifolia</i>	2
<i>Oreopanax echinops</i>	1
<i>Saurauia villosa</i>	1
<i>Sideroxylon</i> aff. <i>contrerasii</i>	2
<i>Trophis</i> sp	21

Especies	Bosque	Pasiva adyacente
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	191	14
<i>Cinnamomum effusum</i>	28	7
<i>Eugenia mexicana</i>	159	2
<i>Hampea integerrima</i>	4	3
<i>Ocotea psychotrioides</i>	98	13
<i>Quercus</i> aff. <i>xalapensis</i>	1	1
<i>Quercus insignis</i>	4	6
<i>Quercus lancifolia</i>	20	2
<i>Quercus paxtalensis</i>	34	2
<i>Styrax glabrescens</i>	2	2
<i>Tapirira mexicana</i>	6	1
<i>Turpinia insignis</i>	5	1

Especies	Bosque	Plantación mixta
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	191	2
<i>Cinnamomum effusum</i>	28	20
<i>Eugenia mexicana</i>	159	1
<i>Hampea integerrima</i>	4	4
<i>Ocotea psychotrioides</i>	98	15
<i>Quercus</i> aff. <i>xalapensis</i>	1	10
<i>Quercus insignis</i>	4	2
<i>Quercus lancifolia</i>	20	8
<i>Quercus paxtalensis</i>	34	1
<i>Turpinia insignis</i>	5	8

Especies	Bosque	Pasiva no adyacente
<i>Alchornea latifolia</i>	1	1
<i>Cinnamomum effusum</i>	28	3
<i>Quercus</i> aff. <i>xalapensis</i>	1	1
<i>Quercus insignis</i>	4	2
<i>Quercus lancifolia</i>	20	1
<i>Turpinia insignis</i>	5	1

Similitud en la composición de especies de árboles adultos con el bosque conservado

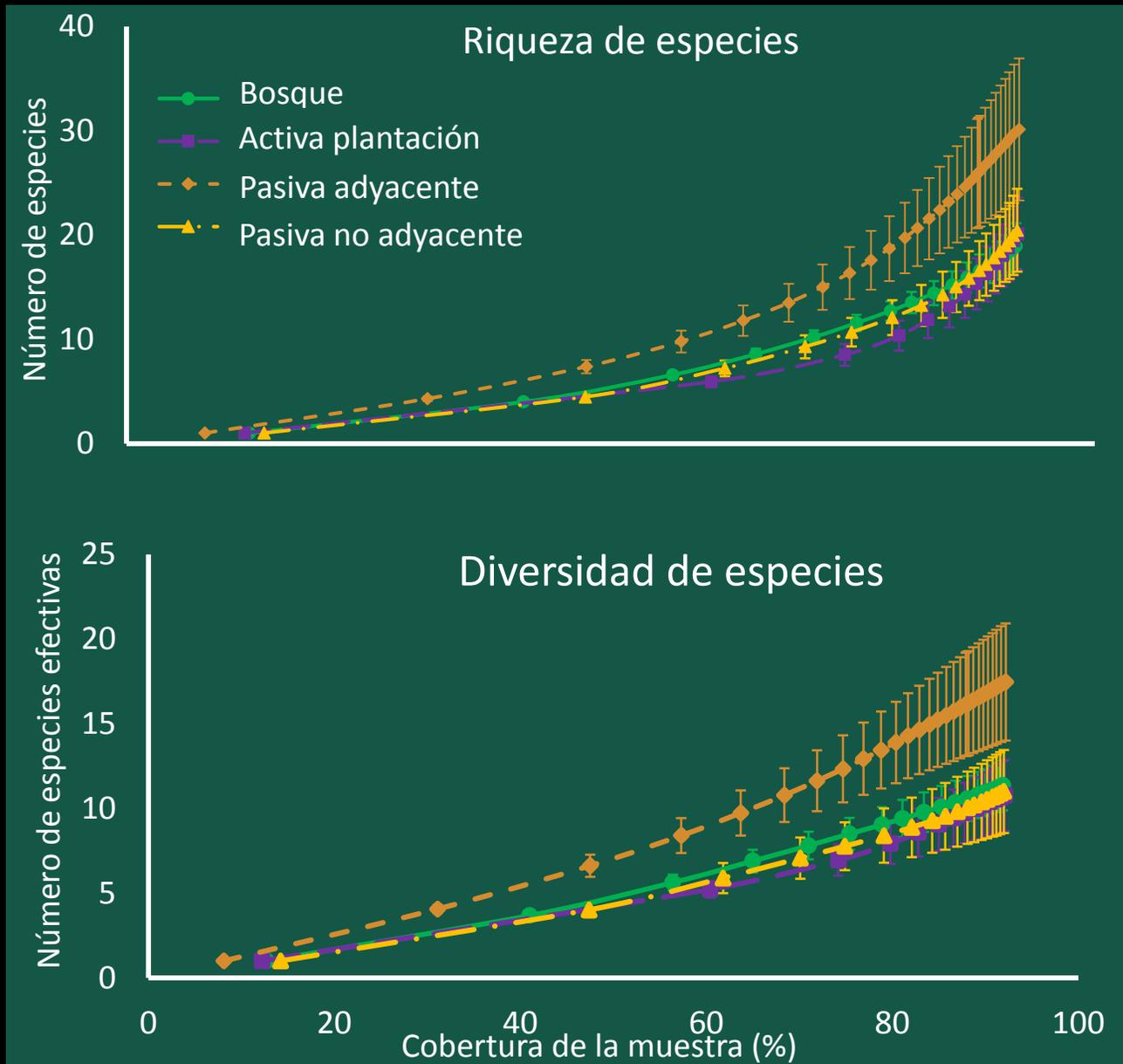
Especies	Registradas solo en Bosque
<i>Cojoba arborea</i>	7
<i>Eugenia mexicana</i>	8
<i>Ilex sp</i>	10
<i>Sideroxylon aff. contrerasii</i>	1
<i>Styrax glabrescens</i>	8
<i>Tapirira mexicana</i>	1

Especies	Bosque	Pasiva adyacente
<i>Alchornea latifolia</i>	9	4
<i>Beilschmiedia mexicana</i>	23	1
<i>Bunchosia sp</i>	7	2
<i>Clethra mexicana</i>	6	8
<i>Liquidambar styraciflua</i>	1	1
<i>Quercus insignis</i>	12	2
<i>Quercus paxtalensis</i>	63	1
<i>Telantophora grandifolia</i>	1	1
<i>Toxicodendron striatum</i>	1	3
<i>Trema micrantha</i>	1	12
<i>Vismia baccifera</i>	4	1
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	9	3

Especies	Bosque	Plantación mixta
<i>Cinnamomum effusum</i>	4	2
<i>Clethra sp</i>	6	7
<i>Liquidambar styraciflua</i>	1	29
<i>Quercus insignis</i>	12	1
<i>Quercus lancifolia</i>	22	5
<i>Trema micrantha</i>	1	22
<i>Turpinia insignis</i>	4	1
<i>Vismia baccifera</i>	4	1
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	9	4

Especies	Bosque	Pasiva no adyacente
<i>Cinnamomum effusum</i>	4	1
<i>Clethra mexicana</i>	6	10
<i>Liquidambar styraciflua</i>	1	2
<i>Symplocos limoncillo</i>	2	1
<i>Toxicodendron striatum</i>	1	2
<i>Trema micrantha</i>	1	8
<i>Vismia baccifera</i>	4	2
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	9	3

Diversidad de árboles adultos



Posibles causas de la mayor riqueza y diversidad en condición Pasiva adyacente al bosque:

- Confluencia de especies primarias y secundarias
- Cercanía al bosque