

**Regeneración natural en
distintos micrositios
después de tres años de
aprovechamiento en un
bosque subhúmedo del
Bajo Paraguá,
Santa Cruz, Bolivia**

Valeria Jerez y Lincoln Quevedo



Regeneración natural en distintos micrositios después de tres años de aprovechamiento en un bosque subhúmedo del Bajo Paraguará, Santa Cruz, Bolivia

Enviado el 16/11/2022; aceptado el 27/12/2022

Valeria Jerez¹ y Lincoln Quevedo^{1*}

¹ Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia

* Autor de Correspondencia: lincoln.quevedo@gmail.com

RESUMEN

La sostenibilidad de un plan de manejo forestal depende en gran medida de la suficiente regeneración natural después del aprovechamiento. El presente estudio se realizó en un bosque natural subhúmedo del Bajo Paraguará, en la Concesión CINMA & San Martín LTDA., Departamento de Santa Cruz (Bolivia), con el objetivo de determinar la respuesta de la regeneración natural después de tres años de su aprovechamiento maderable en seis micrositios diferentes (claros, pista de arrastre, caminos, rodeos escarificados, rodeos con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento). Se encontró que los micrositios de aprovechamiento afectan significativamente a la regeneración natural, y parecen favorecer el establecimiento y la supervivencia de los plantines, especialmente en los caminos y rodeos escarificados, registrándose mayor abundancia en la categoría Brinzal, con una evidente disminución en Latizales y Fustales. Referente a la abundancia de cada especie, en la categoría Brinzal la especie cuta (*Apuleia leiocarpa*) fue la que presentó mayor abundancia en todos los micrositios (79 ind/ha), seguido de las especies cambará macho (*Qualea paraensis*) (27 ind/ha) y cambará hembra (*Erisma uncinatum*) (12 ind/ha). En la categoría Latizal la especie que mayor abundancia presentó fue cuta (*A. leiocarpa*) (16 ind/ha), mientras que la especie

paquió (*Hymenaea courbaril*) se presentó solamente en esta categoría (1 ind/ha). Así mismo, la especie cedro (*Cedrela fissilis*) también presentó una baja cantidad de individuos (0,3 ind/ha). Por otro lado, en la categoría Fustal, la abundancia es relativamente aún más baja, la especie cuta (*A. leiocarpa*) fue la más abundante (3 ind/ha), seguido de la especie tajibo (*Handroanthus* sp.), cambará macho (*Q. paraensis*) con 1 ind/ha y cambará hembra (*E. uncinatum*) (0,3 ind/ha). Finalmente, las especies jichituri-qui amarillo (*Aspidosperma* sp.), mara (*Swietenia macrophylla*), roble (*Amburana cearensis*) y verdolago (*Terminalia amazonica*), no presentaron ningún individuo para ningún micrositio. Se recomienda aplicar tratamientos silviculturales y prácticas de manejo para asegurar el desarrollo de la regeneración natural, mejorar el enriquecimiento para los rodeos con plantaciones sobre todo para las especies ausentes, en especial de roble (*A. cearensis*), paquió (*H. courbaril*), mara (*S. macrophylla*) y cedro (*C. fissilis*), además de realizar seguimiento y limpieza, escarificar los rodeos y claros por aprovechamiento para facilitar el reclutamiento de la regeneración natural, realizar tratamientos de liberación para promover la regeneración en especial en los tamaños latizal y fustal, debido a la poca cantidad de individuos en esos tamaños.

Palabras claves: bosques tropicales, manejo forestal, micrositios, regeneración, silvicultura.

Natural regeneration in different microsites after three years of logging in a subhumid forest of Bajo Paraguá, Santa Cruz, Bolivia

Submitted 16/11/2022; accepted 27/12/2022

Valeria Jerez¹ and Lincoln Quevedo^{1*}

¹Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia

*Autor de Correspondencia: lincoln.quevedo@gmail.com

SUMMARY

The sustainability of a forest management plan depends to a large extent on a sufficient natural regeneration after harvesting. This study was carried out in the sub-humid natural forest of Bajo Paraguá, in the CINMA & San Martín LTDA. Concession, Department of Santa Cruz (Bolivia), with the aim of determining the response of natural regeneration to interventions in a sub-humid natural forest of Bajo Paragua after three years of harvesting in six different microsites (harvesting gaps, skid trails, logging roads, scarified log landings, log landings with plantations and log landings without any treatment). It was found that the logging microsites significantly affect natural regeneration, and seem to favor the establishment and survival of seedlings, especially on logging roads and scarified log landings, registering greater abundance in the Brinzal category, with an evident decrease in Latizales and Fustales. Regarding the abundance of each species, in the Brinzal category, the cuta species (*Apuleia leiocarpa*) was the one with the highest abundance in all the microsites (79 ind/ha), followed by the cambará male (*Qualea paraensis*) species (27 ind/ha) and cambará female (*Erisma uncinatum*) (12 ind/ha). In the Latizal category, the species with the highest abundance was cuta (*A. leiocarpa*)

(16 ind/ha), while the paquió species (*Hymenaea courbaril*) only occurred in this category (1 ind/ha). Likewise, the cedro species (*Cedrela fissilis*) also presented a low number of individuals (0.3 ind/ha). On the other hand, in the Fustal category, the abundance is relatively even lower, the cuta species (*A. leiocarpa*) was the most abundant (3 ind/ha), followed by the tajibo species (*Handroanthus* sp.), cambará male (*Q. paraensis*) with 1 ind/ha and cambará female (*E. uncinatum*) (0.3 ind/ha). Finally, the species jichituriqui amarillo (*Aspidosperma* sp.), mara (*Swietenia macrophylla*), roble (*Amburana cearensis*) and Verdolago (*Terminalia amazonica*), did not present any individual for any microsite. It is recommended to apply silvicultural treatments and management practices to ensure the development of natural regeneration, improve the enrichment for logging gaps with plantations, especially for absent species, especially roble (*A. cearensis*), paquió (*H. courbaril*), mara (*S. macrophylla*) and cedro (*C. fissilis*), in addition to monitoring and cleaning, scarification of logging gaps to facilitate the recruitment of natural regeneration, perform liberation treatments to promote regeneration, especially in the latizal and fustal sizes, due to the low number of individuals in those sizes.

Key words: microsites, forest management, regeneration, silviculture, tropical forests.

INTRODUCCIÓN

En Bolivia los bosques juegan un papel importante en la ecología y economía nacional, brindando grandes beneficios como la protección de cuencas hidrográficas, recreación, ingresos por el turismo y hábitat para la flora y fauna, así como ingresos económicos a través del aprovechamiento maderero y de productos forestales secundarios (Fredericksen y Mostacedo 2000b). Bolivia es un país que cuenta con un gran potencial forestal, sin embargo, en muchos casos el aprovechamiento es insostenible poniendo en riesgo la estabilidad de las especies aprovechadas y de árboles de mayor valor comercial y de mejores características genéticas (Claros y Licona 1995).

El aprovechamiento forestal puede ser un tratamiento silvicultural muy importante, y puede causar varios efectos en los bosques tanto positivos como negativos. Si el aprovechamiento es planificado y de bajo impacto, el disturbio puede inducir la regeneración natural, sin embargo, dependiendo de la intensidad del aprovechamiento y de los daños, pueden incluir cambios en las condiciones edáficas, pérdida de árboles semilleros, apertura del dosel o claros, alteraciones en la estructura y composición florística, daños a árboles remanentes, erosión de suelos, disminución de la cobertura boscosa, contaminación de ríos, disminución de la vida silvestre y alteración de hábitats (Toledo *et al.* 2001). Puede presentar varias consecuencias negativas para la

regeneración natural, como los daños y mortalidad de los individuos, incluso puede alterar significativamente la abundancia y modificar la distribución espacial de la regeneración natural de las especies aprovechadas y remanentes (Rivas *et al.* 2005).

La mayoría de las especies arbóreas comerciales de Bolivia no cuentan con una suficiente regeneración como para sustentar futuras cosechas, no se aplican tratamientos que mejoren la regeneración, por lo que es necesario aplicar tratamientos que sean en lo posible económicos, pero efectivos para garantizar la regeneración (Fredericksen *et al.* 2001). Para asegurar la sostenibilidad del bosque, es necesario que los responsables puedan diagnosticar problemas en la regeneración, de modo que así se puedan realizar ajustes a los métodos de aprovechamiento o aplicarse otros tratamientos silviculturales para garantizar una regeneración adecuada sobre todo para las especies comerciales (Fredericksen y Mostacedo 2000a).

En ese sentido, en el presente trabajo de investigación se busca estudiar los efectos del aprovechamiento forestal en la regeneración natural de especies arbóreas en distintos micrositios después de tres años de aprovechamiento forestal realizado por la empresa CINMA & SAN MARTIN LTDA., en su concesión forestal (Autorización Transitoria Especial) en la región del Bajo Paraguá, Bolivia, y generar recomendaciones para su manejo sostenible.

Específicamente, se busca comparar la respuesta en abundancia de la regeneración natural de especies seleccionadas en seis micrositios de aprovechamiento (claros, caminos, pistas de arrastre, rodeos escarificados, rodeos con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento) y determinar la eficacia de seis tratamientos o micrositios en facilitar el reclutamiento.

MÉTODOS

Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la Concesión CINMA & San Martín LTDA. (Figura 1), en las provincias Velasco y Ñuflo de Chávez del departamento de Santa Cruz (Bolivia), perteneciente a

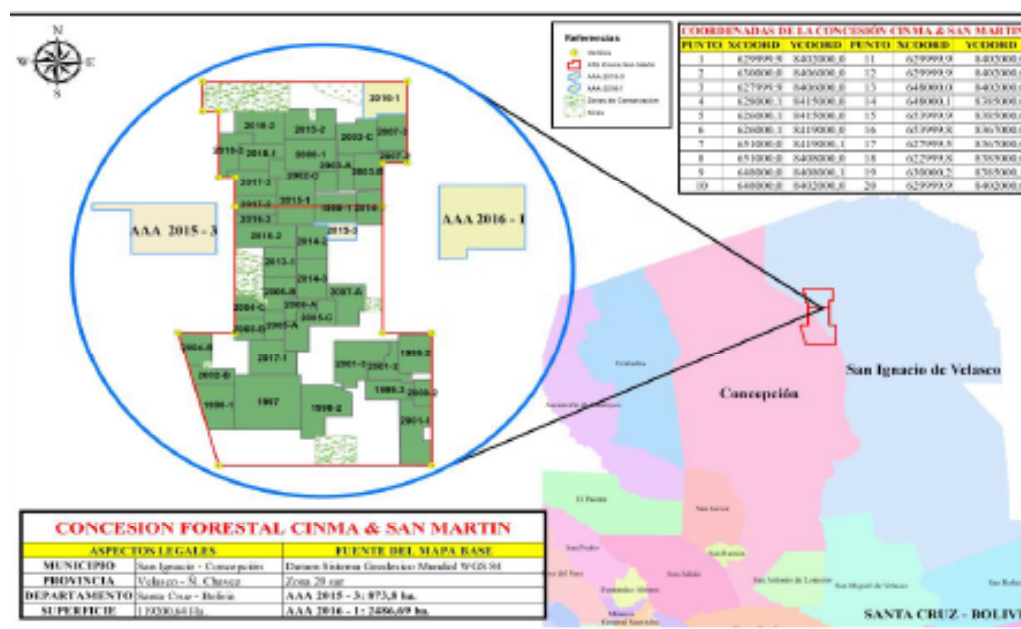


Figura. 1. Ubicación del área y la concesión forestal CINMA & San Martín LTDA. Donde: AAA= Área de Aprovechamiento Anual

los municipios San Ignacio y Concepción. La concesión cuenta con una superficie de 119.200 ha. Para llegar a la concesión desde la ciudad de Santa Cruz de la Sierra se debe llegar primero hasta Santa Rosa de la Roca, pasando Concepción, desde el lugar se toma el camino vecinal de tierra que ingresa hacia la comunidad TCO del Bajo Paraguá, a 186 km sobre esta vía se encuentra el Aserradero Cerro Pelao y la Concesión Forestal CINMA & San Martín.

A continuación, se describen los aspectos biofísicos del área de estudio de acuerdo con Moreno (2014):

En la concesión no existen estaciones meteorológicas, se toman los datos que pertenecen a las estaciones más cercanas a la zona (Concepción, Magdalena y San Ignacio). En el plan de manejo se especifica que es clasificado subhúmedo-húmedo mega termal, hace calor todos los meses, tanto en la estación seca como en la húmeda.

El mes más cálido es noviembre y el más frío es junio; en los meses de junio y julio la temperatura decrece notablemente de norte a sur, debido a la penetración de frentes fríos. Las temperaturas medias mensuales son mayores a 30°C y las mínimas medias llegan a 18°C, sin embargo, los frentes fríos en el invierno provocan fuertes descensos de temperatura, registrándose valores mínimos inferiores a 13°C por varios días consecutivos.

Según la clasificación del Plan de Usos del Suelo (PLUS) para el departamento de Santa Cruz, la concesión se encuentra en la categoría de uso B1 (Tierras de Uso Forestal). Los suelos son poco profundos, pobres en nutrientes, normalmente bien drenados. El suelo en la zona boscosa son algo más livianos, muchas veces son franco-arenosos o arcillosos, son profundos normalmente bien drenados.

El área se encuentra dentro de la Cuenca del río Itenez, que es un río con aguas de coloración negra debido a su acidéz y alta concentración de taninos y pocos sedimentos. Dentro de la cuenca grande existen tres sub cuencas al interior de la UMF, la cuenca del río Guarayos que se encuentra en la parte sur de la concesión, la cuenca del río Esperanza que atraviesa diagonalmente la concesión y la cuenca del río Paraguá que se encuentra en la zona Nor-Este de la concesión. Se seleccionaron 10 especies para el estudio, que son parte de la canasta de especies comerciales que maneja la empresa, además de dos especies valiosas que no son aprovechadas (Cuadro 1).

Diseño del muestreo

El establecimiento de parcelas se realizó en dos áreas similares de aprovechamiento de la concesión CINMA & San Martín LTDA., ambas aprovechadas en el año 2016, o sea 3 años antes del estudio. La distancia promedio que hay entre una AAA a otra es de 18 km.

Cuadro 1. Lista de especies forestales consieradas en el muestreo de su regeneración.

Nombre vulgar	Nombre científico	Gremio ecológico
Cambará	<i>Erismia uncinatum</i>	Esciófita Parcial
Cambará macho	<i>Qualea paraensis</i>	Heliófita Durable
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	Heliófita Durable
Cuta	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Heliófita Durable
Jichituriqui amarillo	<i>Aspidosperma</i> sp.	Esciófita Parcial
Mara	<i>Swietenia macrophylla</i>	Heliófita Durable
Paquió	<i>Hymenaea courbaril</i>	Esciófita Parcial
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	Heliófita Durable
Tajibo	<i>Handroanthus</i> sp.	Heliófita Durable
Verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	Heliófita Durable

- Área de aprovechamiento anual (2015 – 3)
- Área de aprovechamiento anual (2016 – 1)

Para el levantamiento de datos se utilizó el mapa operativo de las dos AAA aprovechadas en donde se identificaron los seis micrositios (claros, pista de arrastre, caminos, rodeos escarificados, rodeos con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento), luego se instalaron parcelas dentro de cada micrositio, obteniendo un total de 148 parcelas, 45 para la AAA 2015 – 3 y 103 para la AAA 2016 -1.

Para los caminos se levantaron datos a una distancia promedio de 250 m de una parcela sobre otra parcela, para los claros se levantó datos a una distancia entre 50 y 150 m una sobre otra y para las pistas de arrastre se tomó una distancia de 100 a 150 m.

Micrositios del aprovechamiento

Se muestreó en todos los disturbios causados por el aprovechamiento forestal, llamados en este estudio como "tratamientos":

- Caminos: Son vías que permiten el acceso al área por donde transitan los camiones para la extracción de madera.

-Pistas de arrastre: Son brechas por donde el skidder arrastra las troncas hacia los rodeos.

- Claros por aprovechamiento: Son producidos por el derribe de los árboles después de la tala de los árboles aprovechados.

- Rodeos: Son espacios acondicionados para almacenar temporalmente las trozas para su carga y transporte.

El muestreo de regeneración natural en rodeos se lo realizó en tres tipos diferentes: rodeos escarificados, rodeo con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento (Cuadro 2).

Tamaño y diseño de las parcelas

Para la definición del tamaño de las categorías de vegetación se usó el recomendado por Sáenz y Finegan (2000) y la Superintendencia Forestal (2006) distinguiéndose 3 categorías (Cuadro 3) - (Figura 2). Para

Análisis de datos

Para efectos de procesamiento de datos, y debido a la reducida cantidad de datos de regeneración, se procedió a unir las dos áreas como una sola, considerando además que ambos sitios son similares ecológicamente y en cuanto a disturbios.

La información recopilada del presente estudio fue registrada en una base de datos utilizando una hoja de registro del

Cuadro 2. Categorías de rodeos

Tipo de rodeos	Identificación
Rodeos escarificados	Son aquellos rodeos en donde se remueve los suelos con la ayuda de maquinarias después del aprovechamiento, para evitar la compactación.
Rodeos con plantaciones	Son aquellos rodeos en donde se enriquecen los suelos implementando plantines.
Rodeos sin tratamiento	Son aquellos rodeos que quedan sin ningún tratamiento de escarificación después del aprovechamiento.

el diseño de las parcelas, se usaron transectos anidados, según la recomendación de Fredericksen y Mostacedo (2000a). En el Cuadro 4 se presenta el número de parcelas que se identificaron los 6 micrositios en cada AAA. En total, se instalaron 45 y 103 parcelas respectivamente.

programa Microsoft Excel, para luego ser utilizada en el programa estadístico INFOSTAT, en donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de un análisis estadístico de comparación de medias de LSD Fisher, para determinar si existen diferencias

Cuadro 3. Tamaño de la regeneración y de las parcelas

Regeneración	Tamaño	Parcela	Superficie (m ²) /Parcela
Brinzal	0,30 - 1,49 m de altura	2 x 2 m (2 rep)	8 m ²
Latizal	1,5 m alt. - 4,9 cm DAP	2 x 10 m	20 m ²
Fustal	5 - 9,9 cm DAP	4 x 10 m	40 m ²

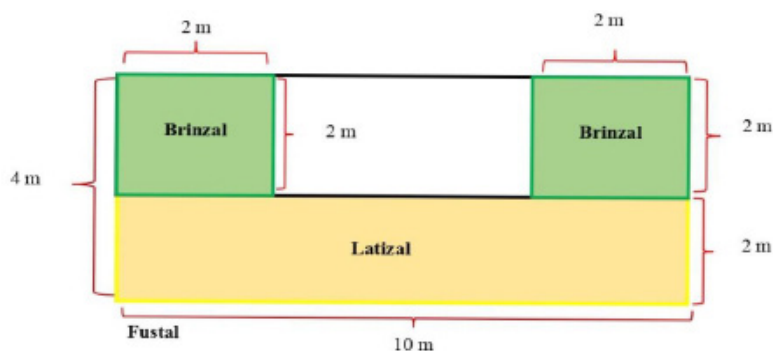


Figura 2. Diseño de las parcelas rectangulares de la regeneración natural

Cuadro 4. Micrositios y número de parcelas registradas en cada AAA

Micrositios	AAA 2015-3		AAA 2016-1	
	N° de Micrositios	N° de parcelas totales	N° de micrositios	N° de parcelas totales
Pistas de arrastre	9	9	21	21
Claros de aprovechamiento	14	14	26	26
Caminos	2	8	5	20
Rodeo sin tratamiento	4	8	6	12
Rodeo escarificado	3	6	5	10
Rodeo con plantaciones	0	0	7	14
Totales		45		103

significativas entre los micrositios, a un nivel de 5% de error.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de:

- Abundancia del total de las especies para todos los micrositios.
- Abundancia total de cada especie.
- Abundancia de cada especie en cada micrositio.

En todos los casos los resultados se presentan por clases de tamaño, Brinzal, Latizal y Fustal.

Abundancia de la regeneración natural, en categorías, para todos los micrositios:

Brinzales: se registró mayor cantidad de individuos respecto a Latizales y Fustales. El micrositio caminos presentó mayor abundancia (33 ind/ha), seguido de Ro-

deo Escarificado con 28 ind/ha. Sin embargo, se denota que para los claros por aprovechamiento existe muy poca abundancia (6 ind/ha), (Figura 3a).

Se utilizó la prueba estadística LSD Fisher para comparar las diferencias significativas entre tratamientos, la misma que confirma que existe diferencias significativas ($P < 0,0001$). Los tratamientos caminos, rodeos escarificados y con plantaciones tienen la mayor abundancia, además que, para los rodeos con plantaciones, sin tratamiento y las pistas de arrastre son estadísticamente similares, aunque para los claros por aprovechamiento se denota que es diferente a los otros tratamientos.

Latizales: se evidenció mayor cantidad de individuos en los rodeos con plantaciones (9 ind/ha), rodeos escarificados (6 ind/ha) y caminos (6 ind/ha), también se puede notar que en los claros por aprovechamiento (1 ind/ha) existe una baja cantidad de abundancia (Figura 3b). Los rodeos con plantaciones presentan mayor abundancia, mientras que para los rodeos escarificados y caminos estadísticamente son similares, aunque rodeos sin tratamiento, pistas de arrastre y claros por aprovechamiento son similares, son los que menor abundancia presentan.

Fustales: se observó que la abundancia fue muy baja, los micrositios que presentaron mayor abundancia para esta categoría fueron los rodeos escarificados (2 ind/ha) y caminos (1 ind/ha), tomando en cuenta que para las pistas de arras-

tre y los claros por aprovechamiento la abundancia es casi inexistente, además para los rodeos con plantaciones no se registró ningún individuo (Figura 3c). Los rodeos escarificados y los rodeos sin tratamiento son los que presentan mayor diferencia.

Abundancia de la regeneración natural de cada especie:

Brinzales: se observó que la especie cuta es la que mayor abundancia presentó (79 ind/ha), seguido de las especies cambará macho (27 ind/ha) y cambará hembra (12 ind/ha). Sin embargo, se observa que para las especies tajibo y cedro (2 ind/ha) existe muy poca cantidad de individuos (Figura 4a). La especie cuta y cambará macho son las que mayor abundancia presentan, son los que tienen mayores diferencias significativas, de igual forma cambará hembra muestra diferencia significativa, aunque estadísticamente similares a tajibo y cedro.

Latizales: la especie que mayor abundancia presentó fue cuta (16 ind/ha), seguida de las especies cambará macho (4 ind/ha) y cambará hembra (3 ind/ha). Se denota que la especie paquió se registró solamente en esta categoría (1 ind/ha), para la especie cedro la cantidad de individuos registrada fue baja (0,3 ind/ha) (Figura 4b). La especie cuta al ser la más abundante es la que mayor diferencia significativa presenta, seguido de la especie cambará macho, mientras que cambará

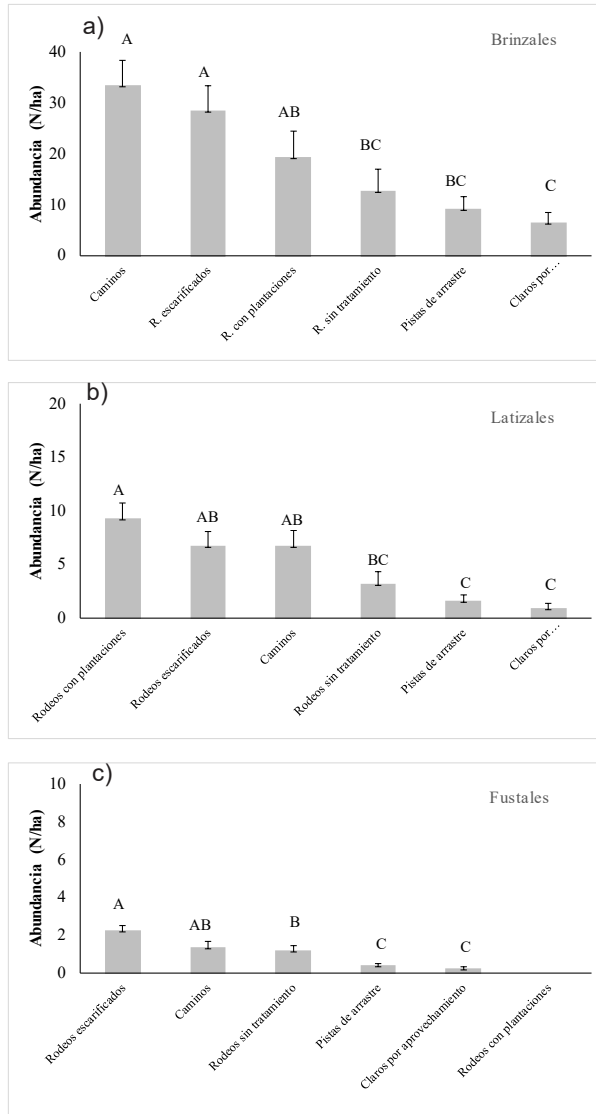


Figura 3. Comparación de medias (\pm error estándar) de abundancia general de la regeneración natural para todos los sitios en las categorías a) Brinzal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes significan diferencias estadísticas distintas a un nivel de 5% de error. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

hembra, paquió y tajibo tienen abundancia estadísticamente similar.

Fustales: se observó una baja cantidad de individuos, la especie cuta fue la más abundante (3 ind/ha), seguido de la especie tajibo (1 ind/ha), cambará macho (1 ind/ha) y cambará hembra (0,3 ind/ha) (Figura 4c). Cuta presenta diferencia significativa en relación con las demás especies.

Abundancia de cada especie en cada micrositio:

Abundancia por especie en rodeos sin tratamientos

Brinzales: la cuta fue la que mayor abundancia registró (100 ind/ha), seguido de la especie cambará hembra con 13 ind/ha, teniendo una baja abundancia las especies cedro y cambará Macho con 6 ind/ha. Las especies jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble, tajibo y verdolago no presentaron ningún individuo (Figura 5a). La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que sí existe diferencia significativa entre especies ($P < 0,0001$). La especie cuta es la que mayor diferencia presenta, en comparación con las especies cambará hembra, cambará macho y cedro que son similares estadísticamente (Figura 5b).

Latizales: solo se registraron dos especies, cuta (20 ind/ha) y cambará hembra (8 ind/ha). Las especies cedro, cambará macho, jichituriqui amarillo, mara, pa-

quió, roble, tajibo y verdolago no presentaron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, confirmó que existe una diferencia significativa entre las especies ($P < 0,0001$).

Fustales: el registro de individuos es mínimo, la especie que presentó mayor abundancia fue tajibo con 5 ind/ha, seguido de las especies cuta y cambará macho con 3 ind/ha y cambará hembra (1 ind/ha). La prueba estadística de LSD Fisher ($P > 0,05$), determinó que no existe diferencia significativa entre las especies, por lo tanto, son similares (Figura 5c).

Abundancia por especie en rodeos escarificados

Brinzales: la especie cuta presentó mayor abundancia (146 ind/ha), seguido de la especie cambará macho (88 ind/ha) y cambará hembra (49 ind/ha). Para las especies cedro, jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble, tajibo y verdolago no se registró ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que existe diferencia significativa entre las especies ($P < 0,0001$), la especie cuta es la más abundante por lo que se diferencia de las demás que son similares estadísticamente (Figura 6a).

Latizales: la especie cuta es la que mayor abundancia presentó (39 ind/ha), seguido de las especies paquió (12 ind/ha), cambará hembra y cambará macho (8 ind/ha). Las especies cedro, jichituriqui amarillo, mara, roble, tajibo y verdolago

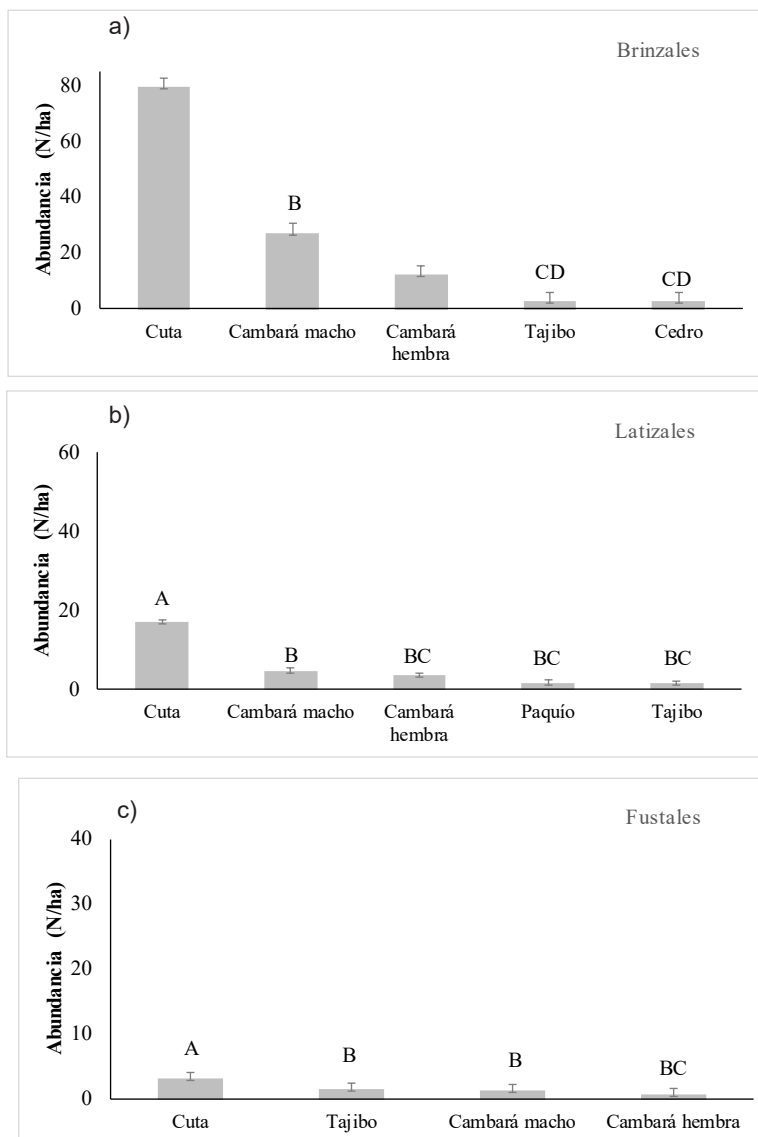


Figura 4. Comparación de medias (\pm error estándar) de abundancia general de la regeneración natural para las especies en las categorías a) Brinzal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

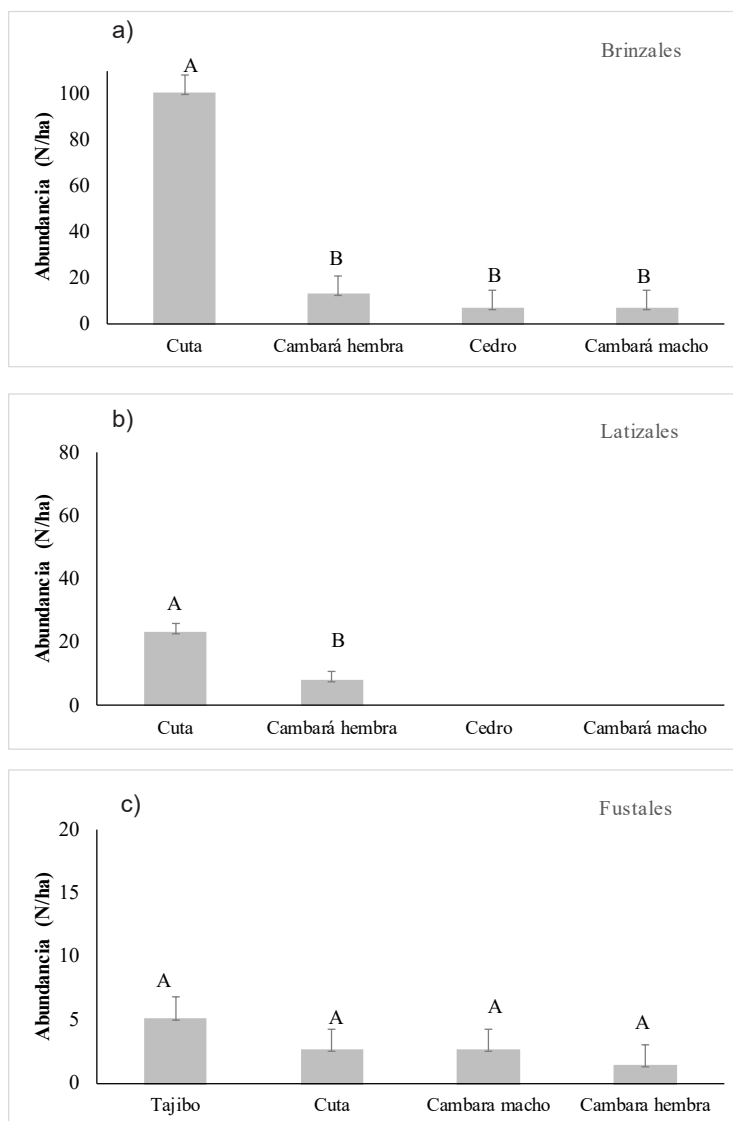


Figura 5. Promedio (\pm error estándar) de individuos de regeneración natural en Rodeos sin tratamiento por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, determinó que existen diferencias significativas entre especies ($P < 0,0001$), la especie cuta es diferente significativamente a las otras especies paquió, cambará hembra y cambará macho, siendo estas últimas estadísticamente similares (Figura 6b).

Fustales: la abundancia es mínima, la especie cuta es la que mayor registro de individuos presentó (16 ind/ha), seguido de tajibo (4 ind/ha) y cambará macho (2 ind/ha). Las especies cambará hembra, cedro, jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble y verdolago no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, confirmó que existen diferencias significativas entre especies ($P < 0,0001$), la especie cuta es estadísticamente diferente a las otras especies tajibo y cambará macho que son similares (Figura 6c).

Abundancia por especie en rodeos con plantaciones

Brinzales: la especie cuta es la que mayor abundancia presentó (102 ind/ha), seguida de las especies cambará macho (64 ind/ha) y cambará hembra (26 ind/ha), siendo ésta la que menor cantidad de individuos registró. Las especies cedro, jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble, tajibo y verdolago no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que existen diferencias entre especies ($P < 0,0001$). La especie cuta presentó la mayor abundancia, aunque es estadísticamente si-

milar a cambará macho, pero superior a cambará hembra (Figura 7a).

Latizales: la especie cuta fue la más abundante (82 ind/ha), seguido de cambará hembra (5 ind/ha) y paquió (5 ind/ha). Las especies cambará macho, cedro, jichituriqui amarillo, mara, roble, tajibo y verdolago no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, se determinó que existen diferencias significativas entre especies ($P < 0,0001$). La especie cuta es diferente estadísticamente a las especies paquió y cambará hembra, siendo que estas dos últimas no presentan diferencias significativas (Figura 7b).

Fustales: no se registró ningún individuo para las especies en este micrositio.

Abundancia por especie en caminos

Brinzales: se encontró que cuta presentó la mayor cantidad de individuos (230 ind/ha), seguida de cambará macho (45 ind/ha), cambará hembra (32 ind/ha). Las especies con menor cantidad de individuos registrados fueron tajibo (19 ind/ha) y cedro (6 ind/ha). Nótese que las especies jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble y verdolago no registraron ningún individuo (Figura 8a). La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que existe diferencia significativa entre especies ($P < 0,0001$), con cuta con la mayor abundancia y significativamente diferente a las demás especies que son estadísticamente similares.

Latizales: se observó que la especie cuta fue

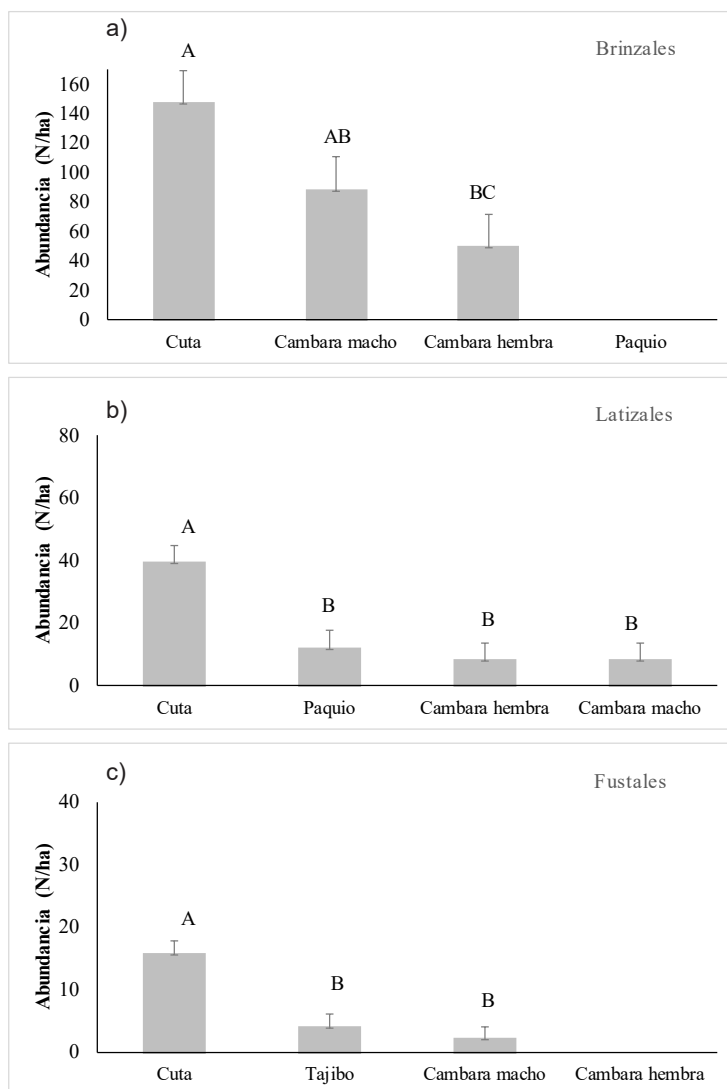


Figura 6. Promedio (\pm error estándar) de individuos de regeneración natural en Rodeos escarificados por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

la que presentó mayor abundancia (46 ind/ha), seguido de la especie tajibo (10 ind/ha) y camará macho (5 ind/ha), sin embargo, para las especies camará hembra y cedro se evidenció una baja cantidad de individuos (3 ind/ha). Las especies jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble y verdolago no registraron ningún individuo (Figura 8b). La pue-

ba estadística de LSD Fisher confirmó que existe diferencia significativa entre especies ($P < 0,0001$), la especie cuta es la que mayor diferencia significativa presenta sobre las demás especies que son similares estadísticamente.

Fustales: se evidenció que existe muy

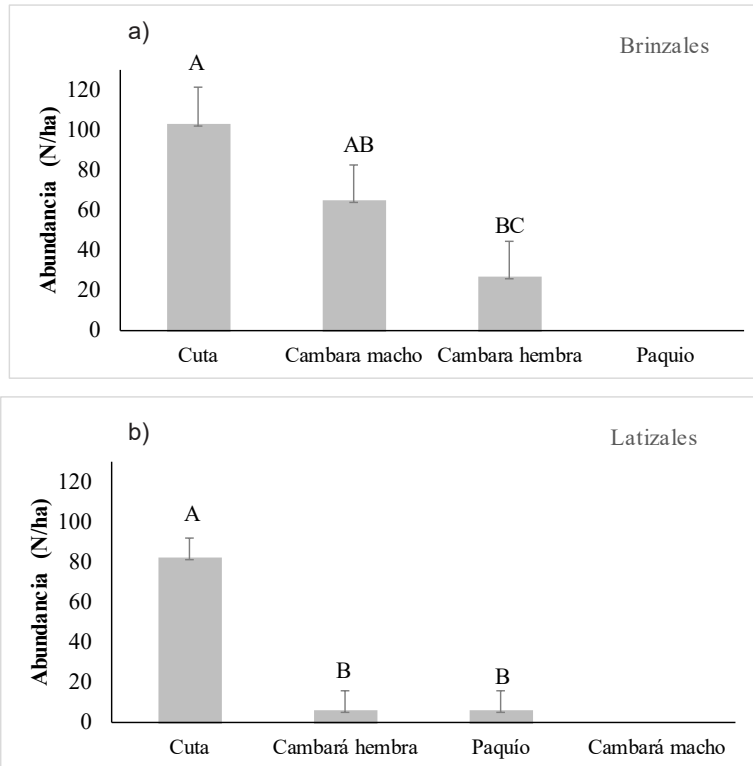


Figura 7. Promedio (\pm error estándar) de individuos de regeneración natural en Rodeos con plantaciones por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

poca cantidad de individuos, solamente se obtuvieron datos de dos especies cuta (10 ind/ha) y tajibo (3 ind/ha), para las especies cambará hembra, cambará macho, cedro, jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble y verdolago no se registró ningún individuo (Figura 8c). La prueba estadística de LSD Fisher demostró que existe diferencia significativa entre las especies ($P < 0,0001$), las especies cuta y tajibo son diferentes estadísticamente.

Abundancia por especie en claros por aprovechamiento

Brinzales: se registró que la especie cuta es la más abundante (39 ind/ha), seguido de la especie cambará macho (17 ind/ha), cambará hembra (5 ind/ha), siendo la especie tajibo la menos abundante para esta categoría (2 ind/ha). No se ha registrado ningún individuo para las especies cedro, jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble, tajibo y verdolago (Figura 9a). La prueba estadística de LSD Fisher confirma que existe diferencias significativas entre especies ($P < 0,0001$). La especie cuta es la más abundante, siendo superior a cambará macho que presentan diferencias significativas, en comparación con las especies cambará hembra y tajibo que son estadísticamente similares.

Latizales: se evidenció una baja cantidad de individuos, siendo las especies cuta y cambará macho (3 ind/ha) las más abundantes, mientras que

las especies cambará hembra y tajibo presentaron una abundancia mínima (1 ind/ha). Las especies cedro, jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble y verdolago no registraron ningún individuo (Figura 9b). La prueba estadística de LSD Fisher comprobó que existe diferencia significativa entre las especies, donde cambará macho y tajibo son las que mayor diferencia significativa presentan.

Fustales: la abundancia es casi inexistente, solo se registraron tres especies, cuta (1 ind/ha), cambará macho (1 ind/ha) y tajibo (0,33 ind/ha). Las especies cambará hembra, cedro, jichituriqui amarillo, mara, paquió, roble y verdolago no registraron ningún individuo (Figura 9c). La prueba estadística de LSD Fisher, determinó que no existe diferencia significativa especies.

Abundancia por especie en pistas de arrastre

Brinzales: se observó que la especie cuta fue la más abundante (67 ind/ha), seguido de la especie cambará macho (17 ind/ha), siendo las especies cambará hembra y cedro (3 ind/ha) las que menor abundancia registraron, nótese que para las especies cedro, paquió, jichituriqui amarillo, mara, roble, tajibo y verdolago no se registró ningún individuo (Figura 10a). La prueba estadística de LSD Fisher, confirma que existe una diferencia significativa entre especies ($P < 0,0001$). La especie cuta es la

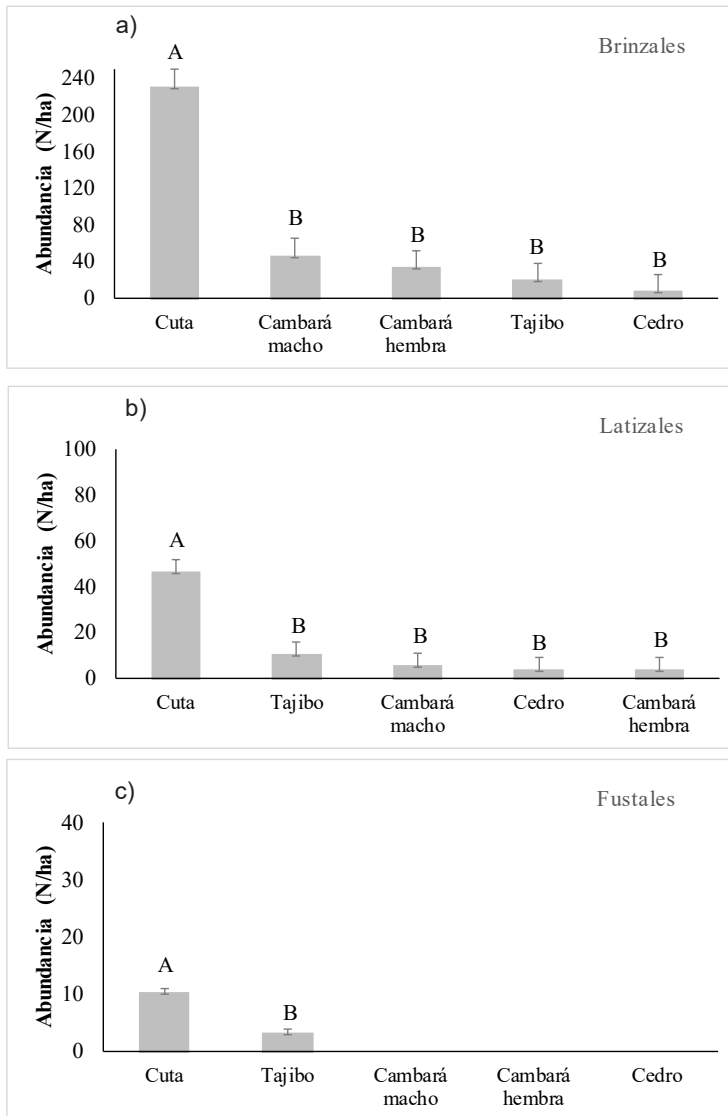


Figura 8. Promedio (\pm error estándar) de individuos de regeneración natural en caminos por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher,

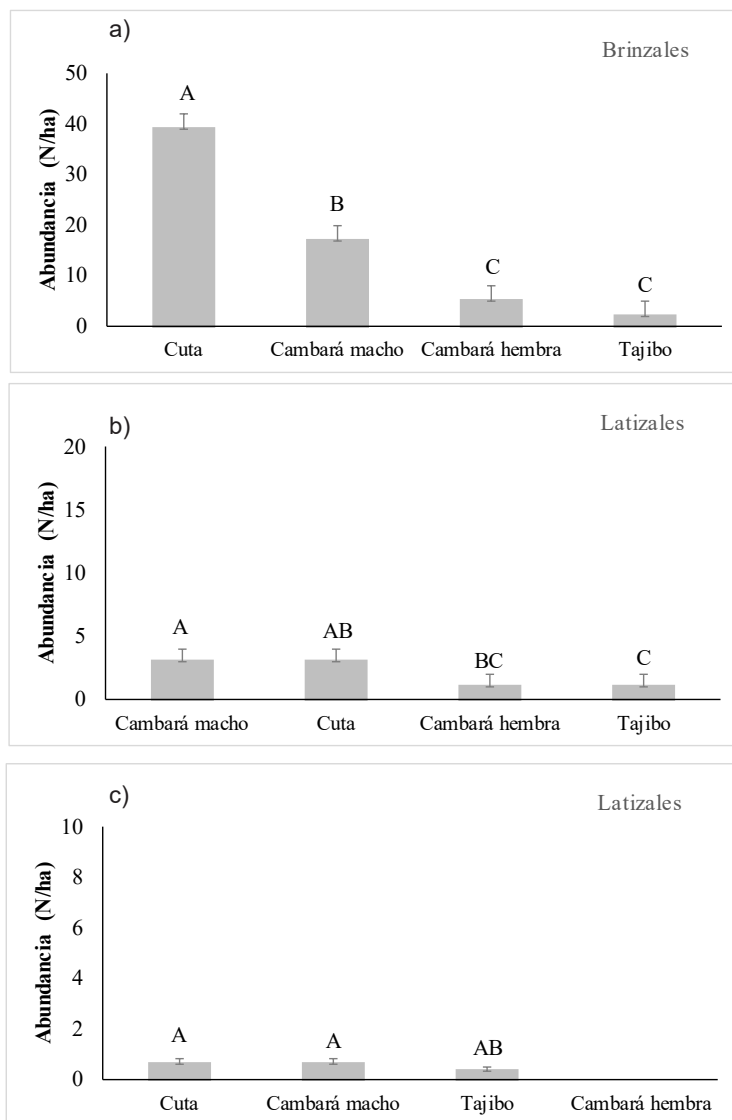


Figura 9. Promedio (\pm error estándar) de individuos de regeneración natural en claros por aprovechamiento por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

más abundante, siendo la que mayor diferencia presentó, en comparación con las especies cambará macho, cedro y cambará hembra que son estadísticamente similares.

Latizales: la especie que mayor abundancia registró fue cambará macho (7 ind/ha), seguido de la especie cuta (5 ind/ha) y cambará hembra (2 ind/ha). La especie menos abundante fue cedro (1 ind/ha), las demás especies paquió, jichituriqui amarillo, mara, roble, tajibo y verdolago no se registraron ningún individuo (Figura 10b). La prueba estadística de LSD Fisher, demuestra que existe diferencia significativa entre las especies ($P < 0,0001$). Cedro presenta la abundancia más baja, estadísticamente es diferente a las demás especies que son similares.

Fustales: se evidenció la poca existencia de individuos, donde solo se registró abundancia de las especies cuta (1 ind/ha), cambará hembra (1 ind/ha) y cambará macho (0,6 ind/ha), para las especies cedro, paquió, jichituriqui amarillo, mara, roble, tajibo y verdolago no se registró ningún individuo (Figura 10c). La prueba estadística de LSD Fisher confirma que existe diferencia significativa entre una especie ($p < 0,0001$), cambará hembra es la menos abundante para esta categoría, siendo que para las demás especies no existe diferencia significativa.

DISCUSIÓN

En general, la regeneración natural de las especies valiosas en los bosques tropicales de Bolivia es baja (Pariona y Fredericksen 2000), aspecto coincidente con los hallazgos de esta investigación. Fredericksen y Mostacedo (2000b) encontraron que en los bosques tropicales de Bolivia la regeneración es deficiente para un 60% de las especies estudiadas, con problemas graves de regeneración de las especies de importancia económica. Las especies arbóreas comerciales de Bolivia no cuentan con una suficiente regeneración como para sustentar futuras cosechas. Existe renuencia para aplicar tratamientos que mejoren la regeneración debido a las utilidades de inversión en los ciclos de corta. No obstante, la regeneración debe asumirse como un costo de las operaciones forestales, si se desea que el manejo forestal sea verdaderamente sostenible (Fredericksen *et al.* 2001).

En el presente estudio se observa que existen dificultades de las especies en mantener su población en los tamaños más grandes (Latizales y Fustales), es decir pasar de sus tamaños pequeños de brinzales a fustales, donde la mayor parte de la luz de los brinzales más frecuente es lateral, lo que justifica tratamientos de liberación para el ingreso de luz vertical (Quevedo 2006). En general, los disturbios parecen favorecer el establecimiento y la supervivencia de los plantines (Boesen y

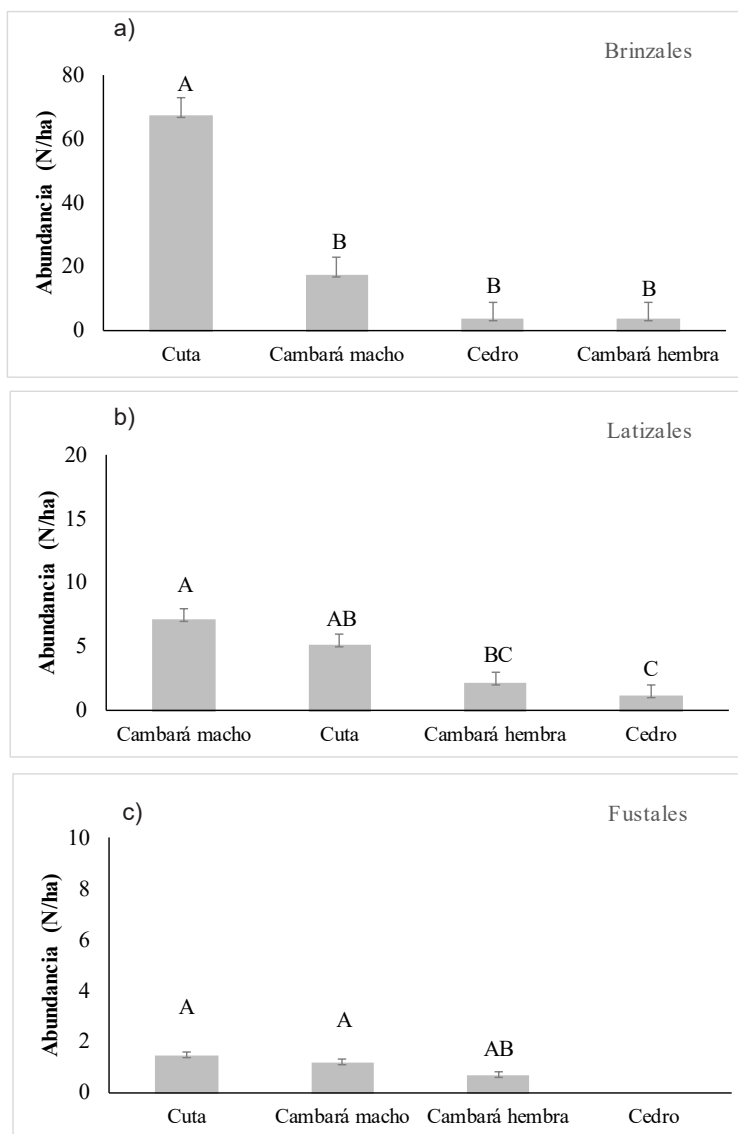


Figura 10. Promedio (\pm error estándar) de individuos de regeneración natural en pistas de arrastre por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

Schitoz 2013), de hecho, desde la perspectiva silvícola el aprovechamiento es el mayor tratamiento silvicultural (Manzanero y Pinelo 2004).

En este estudio, el micrositio caminos en la categoría Brinzal es el que presentó mayor abundancia seguido de los rodeos escarificados y con plantaciones, y menos en los rodeos sin ningún tratamiento probablemente debido a la compactación (Louman 2006, Louman *et al.* 2001). Por su parte, Severiche (2002) en su estudio de regeneración natural en caminos después de uno, dos y cuatro años, encontró que los caminos representan claros apropiados para el establecimiento de la regeneración natural, además que a más años después del aprovechamiento mayor es el reclutamiento para las categorías brinzales y latizales. Pinto *et al.* (2011) en su estudio de comparación de las áreas afectadas por el aprovechamiento y en zonas no intervenidas, encontró que los disturbios ocasionados por el aprovechamiento intensifican la regeneración natural, encontrando que la mayor abundancia de individuos de especies valiosas para las categorías brinzal y latizal se dio en las áreas provocadas por el aprovechamiento, especialmente en los rodeos debido a que son claros más grandes. De acuerdo con Hutchinson (1993), la apertura de dosel o formación de claros son los tratamientos más importantes en la silvicultura ya que permite el ingreso de luz para los árboles jóvenes.

En este estudio, la especie cuta fue la que mayor cantidad de individuos presentó para todos los micrositios, obteniendo una respuesta positiva en regeneración natural. Villegas *et al.* (2008) mencionan que la cuta es una de las pocas especies que presenta buena regeneración natural en la zona después de dos años de aprovechamiento, sobre todo en las categorías brinzales y latizales, pero con escasa regeneración en la categoría fustales, muy similar a los resultados de este estudio. Moreno (2014), en el Plan General de Manejo Forestal de la concesión CINMA & SAN MARTIN, considera que esta especie tiene regeneración natural regular, sobre todo en la categoría brinzal.

Para la especie cambará macho la abundancia fue más reducida para la categoría brinzales y latizales siendo que para la categoría fustales la regeneración natural fue muy escasa, esta especie se encuentra preferentemente en los rodeos escarificados y caminos en la categoría brinzal, sin embargo, para las categorías latizal y fustal se registró muy pocos individuos, estando preferentemente en los claros por aprovechamiento y pistas de arrastre. En el Plan General de Manejo Forestal de la concesión CINMA & San Martín (Moreno 2014), se indica que esta especie presenta buena abundancia de regeneración natural sobre todo en la categoría Brinzal. Sin embargo, Villegas *et al.* (2008) mencionan que la regeneración natural es baja, que es una especie con mayor fre-

cuencia en claros y a orillas del camino, con alguna similitud con los resultados de este estudio. De acuerdo con Toledo *et al.* (2007), es una especie que crece más en zonas sin disturbios que en zonas aprovechadas.

Cambará hembra tiene una regeneración natural baja, siendo más abundante en la categoría Brinzal, sin embargo, en el Plan General de Manejo Forestal de la concesión CINMA & SAN MARTIN elaborado por Moreno (2014) determina que la regeneración natural de esta especie es buena, sobre todo en la categoría brinzal. De igual manera, Villegas *et al.* (2008) encontraron que la regeneración natural de esta especie es media, fundamentalmente en áreas que han tenido pequeñas perturbaciones, donde los disturbios ocasionados por el aprovechamiento forestal intensivo reducen considerablemente la regeneración natural del cambará. Sin embargo, en claros y en su etapa inicial prefiere áreas poco perturbadas donde la luz no es directa y se desarrolla bajo la sombra de los árboles adultos.

Las especies tajibo, paquió y cedro tuvieron una abundancia muy escasa, lo que es coincidente con los resultados del plan general de manejo forestal de la empresa elaborado por Moreno (2014), que presentan una regeneración natural también escasa, y que por su vez coincide con los hallazgos de Villegas *et al.* (2008) quienes encontraron que estas especies tienen una muy baja regeneración natural, por lo que deben ser monitoreadas, sobre todo tajibo y paquió que son consideradas comerciales.

Finalmente, las especies marea, jichituri, verdolago y roble no registraron ningún individuo de regeneración natural, estuvieron totalmente ausentes, coincidente con los hallazgos del Plan General de Manejo Forestal, que considera a estas especies escasas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

Con base en los resultados se concluye que los micrositios de aprovechamiento afectan significativamente a la regeneración natural, y parecen favorecer el establecimiento y la supervivencia de los plantines, registrándose mayor abundancia en la categoría Brinzal, seguido de los Latizales y para los Fustales se evidenció la poca presencia de ellos. De acuerdo al análisis estadístico para el conjunto de las especies estudiadas, la mayor abundancia de individuos para las categorías Brinzal y Latizal se dio en los micrositios caminos y en los rodeos escarificados debido a que aquí los claros más grandes y a la exposición del suelo por la escarificación, siendo entonces más apropiados para el establecimiento de la regeneración natural. Para la categoría Fustal se observa que la regeneración natural para todos los micrositios es muy baja.

En relación a las especies, cuta es la única especie que muestra una respuesta positiva de forma consistente para todos los micrositios sobre todo en la categoría

Brinzal, disminuyendo la abundancia para las categorías Latizal y Fustal; siendo una de las pocas especies que se desarrolla favorablemente en la zona.

Por su parte, las especies cambará macho y cambará hembra, presentaron poca abundancia encontrándose en las diferentes categorías de regeneración. La especie cambará macho presentó más abundancia en los rodeos escarificados y caminos sobre todo en la categoría Brinzales, pero en Latizales y Fustales la regeneración natural es muy baja. La especie cambará hembra también presentó una regeneración natural más baja, aunque con mayor abundancia en los rodeos escarificados y caminos para las categorías Brinzal y Latizal; en cambio para la categoría Fustal la regeneración natural es muy escasa.

Las especies tajibo, paquió y cedro, tienen una abundancia aún más escasa, con regeneración natural limitada. La especie tajibo registró presencia en los caminos y claros por aprovechamiento, en las tres categorías, con una cantidad aún más reducida de individuos y en Fustales casi inexistente. La especie paquió registró una regeneración natural casi inexistente, solamente se registró en los rodeos escarificados y con plantaciones en la categoría Latizal, teniendo una abundancia mínima. Por su parte, la especie cedro tiene una abundancia mínima, estando presente solo en rodeos sin tratamiento, caminos y pistas de arrastre, teniendo una abundancia baja en los Brinzales, siendo

casi nula para los Latizales y en los Fustales no se registró ningún individuo. Estas especies presentan graves problemas de regeneración, teniendo una presencia limitada, por lo que deben ser monitoreadas y favorecidas con tratamientos silviculturales, sobre todo para tajibo y paquió que son consideradas comerciales.

Por último, las especies jichituriqui amarillo, mara, roble y verdolago no presentaron ningún individuo. Evidentemente, al no existir regeneración natural, se pone en riesgo el aprovechamiento de estas especies para el próximo ciclo de cosecha, por lo que se hace imprescindible prestar especial atención a estas especies.

Respuesta a los rodeos

Los micrositos rodeos escarificados y con plantaciones presentan mayor abundancia que los rodeos sin ningún tratamiento, sobre todo para la categoría Brinzales, que son los que muestran mayor respuesta positiva para la regeneración natural. Sin embargo, la regeneración natural es mucho más reducida para los tres tipos de rodeos para la categoría de tamaño Fustales, donde la abundancia es mínima, siendo que en los rodeos con plantaciones no se registró ningún individuo.

Caminos

El micrositio camino para la categoría Brinzales es el que más regeneración natural presentó de todos los micrositos evaluados, seguido de la categoría Lati-

zales donde se observó que presenta una abundancia reducida. En la categoría Fustales la regeneración natural es escasa, evidenciando poco registro de individuos.

Pistas de arrastre

En las pistas de arrastre se observa una baja considerable de abundancia en las tres categorías, donde los Brinzales tuvieron la mayor regeneración natural de los tres tamaños, seguido de las categorías Latizales y Fustales, por lo que este micrositio tiene problemas para la inducción de regeneración natural.

Claros por aprovechamiento

Este micrositio es el que menor regeneración natural registró para las tres categorías, teniendo más abundancia al igual que los otros micrositios en la categoría Brinzales. Para las otras categorías, Latizales y Fustales, se evidenció que la abundancia es mínima. Este micrositio al ser el más bajo en el registro de individuos, presenta grandes problemas de regeneración.

Abundancia de las especies

Especie que presenta abundancia

Cuta (*Apuleia leiocarpa*)

La especie cuta muestra una respuesta positiva para todos los micrositios en la categoría brinzal, en comparación con las otras especies, estando mayormente presente en los caminos y rodeos escarifica-

dos, siendo que para la categoría Latizal la abundancia para esta especie disminuye considerablemente para todos los micrositios, encontrándose preferentemente en los rodeos con plantaciones. Sin embargo, para la categoría Fustal se observa poca existencia de individuos en todos los micrositios.

Especies con poca abundancia:

Cambará macho (*Qualea paraensis*)

La especie cambará macho es menos abundante que la especie cuta, estando mayormente presente en rodeos esca- ricados y caminos para la categoría Brinzal. Sin embargo, para las otras categorías Latizal y Fustal se evidenció una disminución de abundancia en todos los micrositios, sin registrar datos en los rodeos sin tratamiento y plantaciones para la categoría Latizal.

Cambará hembra (*Erisma uncinatum*)

Cambará hembra tiene presencia de regeneración natural baja después de la especie cambará macho, siendo más abundante en la categoría brinzal, sobre todo en los rodeos escarificados y caminos. Para la categoría Latizal y Fustal se ha registrado muy poca cantidad de individuos.

Tajibo (*Handroanthus* sp.)

Tajibo tiene una regeneración limitada, con menor abundancia en relación con relación las demás especies. Para los rodeos solo registró abundancia en los rodeos escarificados y sin tratamiento en la

categoría Fustal. Para los caminos y claros por aprovechamiento se evidenció en las tres categorías, con una cantidad aún más reducida de individuos y en Fustales casi inexistente.

Especies raras:

Cedro (*Cedrela fissilis*)

La regeneración natural de cedro es relativamente más escasa en comparación con las demás, su abundancia es mínima, estando presente solo en rodeos sin tratamiento, caminos y pistas de arrastre. Para la categoría Brinzales ha tenido una abundancia baja, para los Latizales ha sido casi nula y en los Fustales no se registró ningún individuo.

Paquió (*Hymenaea courbaril*)

Para esta especie la regeneración natural es casi inexistente, solamente se registró regeneración natural en los rodeos es-carificados y con plantaciones en la categoría Latizal, teniendo una abundancia mínima.

Especies con regeneración natural ausente:

- jichituriqui amarillo
- mara
- roble
- verdolago

Estas especies no presentaron ningún individuo. Evidentemente, al no existir regeneración natural, se pone en riesgo el aprovechamiento de las especies para

el próximo turno de cosecha, por lo que se hace imprescindible prestar especial atención a estas especies.

RECOMENDACIONES

Debido a la poca respuesta de la regeneración natural al aprovechamiento, es recomendable realizar tratamientos silviculturales, que aseguren el crecimiento de la regeneración natural, por lo que se recomienda lo siguiente:

- Prestar especial atención y aplicar prácticas de manejo y tratamientos silviculturales para las especies que tienen poca regeneración natural y que no responden a los actuales micrositos. Estas especies son: roble, paquió, mara, cedro, jichituriqui y verdolago.

- Mejorar el enriquecimiento en los rodeos con plantaciones y hacer el respectivo mantenimiento de los plantines, sobre todo con aquellas especies ausentes de baja regeneración y de alto interés económico, especialmente de roble, paquió, mara, cedro, además de realizar un seguimiento y limpieza para evitar que la vegetación competitiva elimine a las plántulas.

- Escarificar los claros por aprovechamiento, pistas de arrastre y caminos para mejorar las condiciones del suelo e inducir al establecimiento de la regeneración natural (micrositos con menos abundancia), en concordancia con lo recomendado por Quevedo y Sabogal

(2021), Mostacedo *et al.* (2009) y Fredericksen y Pariona (2001).

- Incrementar el número de árboles semilleros para las especies con escasa o ausente regeneración natural para promover una mayor regeneración. En caso de que los árboles cosechables sean muy escasos, es recomendable no aprovechar la especie para que todos los árboles adultos sirvan como semilleros.

- Realizar tratamientos de liberación para favorecer a las especies para promover su regeneración, especialmente para ayudarles en los tamaños de Latizal y Fustal, ya que se observa muy poca cantidad de individuos en estos tamaños.

- Ubicar en lo posible los rodeos cerca de árboles de especies valiosas en edad de producción de semillas, a efectos de crear condiciones para facilitar su colonización por esas especies con dificultad de regeneración, tales como roble, paquió, cedro, mara, jichituriqui y verdolago.

Realizar un monitoreo continuo de la respuesta de las especies a los tratamientos silviculturales aplicados para conocer la respuesta de la regeneración natural y así ajustar los tratamientos en el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Dekma por todo el apoyo de campo, también al Dr. Bonifacio Mostacedo por su apoyo en el análisis estadístico y software para el pro-

cesamiento de datos, así como a los Ingenieros Milton Brosovich (+) y Mónica Vicente por sus contribuciones al borrador inicial.

LITERATURA CITADA

- Boesen, M. y Schitoz, M. 2013. Regeneración de *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pavón) Steudel: Especie maderable común del bosque húmedo tropical en la Chonta, Bolivia. Documento técnico 127. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Claros, A. y Licona, J. 1995. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Boletín BOLFOR 4: 11 – 12, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T. y Mostacedo, B. 2000a. Diagnósticos rápidos de la regeneración forestal. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T. y Mostacedo, B. 2000b. Estado de regeneración de especies forestales importantes en Bolivia: Evaluación y recomendaciones, Documento Técnico 88. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T. y Pariona, W. 2001. Efectos de las Alteraciones causadas por "Skidders" en la regeneración de árboles comerciales en claros de aprovechamiento en un bosque tropical de Bolivia, Documento Técnico 104. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T., Contreras, F. y Pariona, W. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

- Hutchinson, I. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Louman, B., Quirós, D. y Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Louman, B. 2006. Impacto ambiental del aprovechamiento. En: Orozco, L., Brumér, C. y Quirós, D. Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. Serie Técnica. Manual Técnico 63. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Manzanero M. y Pinelo G. 2004. Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. WWF Proarc, Guatemala, Guatemala.
- Moreno, M. 2014. Plan general de manejo forestal reformulado, Autorización Transitoria Especial (ex concesión) CINMA & SAN MARTIN" empresa CINMA LTDA. CINMA, Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, B., Villegas, Z., Licona, J., Alarcón, A., Villarroel, D., Peña-Claros, M. y Fredericksen, T. 2009. Ecología y silvicultura de los principales bosques tropicales de Bolivia. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.
- Pariona, W. y Fredericksen, T. 2000. Regeneración natural y liberación de especies comerciales establecidas en claros de corta en dos tipos de bosques bolivianos. Documento técnico 97, Proyecto BOLFOP, Santa Cruz, Bolivia.
- Pinto, L., Quevedo, L. y Arce, A. 2011. Efectos del aprovechamiento forestal sobre la regeneración natural en un bosque seco Chiquitano, Santa Cruz, Bolivia. CIMAR, Santa Cruz, Bolivia.
- Quevedo, L. 2006. Ecology and silviculture of long-lived pioneer timber species in a Bolivian tropical forest. PhD. Dissertation, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Quevedo, L. y Sabogal, C. 2021. Tratamientos silviculturales y prácticas de manejo forestal en la Amazonía boliviana. Carrera de Ing. Forestal (UAGRM), Santa Cruz, Bolivia.
- Rivas, C., Aguirre, C., Jiménez, P. y Corral, R. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. *Sistemas y Recursos Forestales*, 14(2): 217 – 228.
- Severiche, W. 2002. Evaluación de la regeneración natural en caminos de extracción de la concesión forestal La Chonta, Guarayos. Tesis De Grado. Universidad Autónoma Gabriel RenéMoreno - UAGRM, Santa Cruz, Bolivia.
- Toledo, M., Fredericksen, T., Licona, J. y Mostacedo, B. 2001. Impactos del aprovechamiento forestal en la flora de un bosque semideciduo pluvies-tacional de Bolivia. Documento Téc-

nico 106. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Toledo, M., Villegas, Z. y Justiniano, J. 2007. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas cambará macho, *Qualea paraensis* Ducke, Vochysiaceae. Proyecto BOLFOR. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.

Villegas, Z., Mostacedo, B., Toledo, M., Leaño, C., Licona, J., Alarcón, A., Vroomans, V. y Peña-Claros, M. 2008. Ecología y manejo de los bosques de producción forestal del Bajo Paraguá, Bolivia. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.