

Calidad, daño y mortalidad de árboles y su incidencia en la producción forestal, en el Bosque Seco Chiquitano de Alta Vista, Santa Cruz, Bolivia

Enviado el 09/06/2020; aceptado el 21/01/2021

Sandra Ramos^{1,2*} y Bonifacio Mostacedo²

¹Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano (FCBC). Santa Cruz, Bolivia

²Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia.

*Autor de Correspondencia: bonifaciomostacedo@uagrm.edu.bo

RESUMEN

La calidad de los árboles depende del sitio dónde están, la especie y el manejo que se realice. Los árboles sufren diferentes daños físicos y biológicos que afectan la calidad de los fustes y su madera, por ende, en su desarrollo y productividad. Este estudio estuvo enfocado en conocer la calidad de árboles en dos tipos de bosques, el Bosque Seco Semideciduo Chiquitano (BOSSCHI-bien drenado) y Bosque Seco Semideciduo Chiquitano Hidrofítico (BOSSCHI-hidrofítico), del Centro de Estudios "Alta Vista", municipio de Concepción. El estudio se realizó en áreas aprovechadas y no-aprovechadas; donde se instalaron 27 transectos de 100x10 m, ubicados al azar. Se registraron todos los individuos mayores a 10 cm de diámetro, de especies arbóreas maderables. Se encontró para ambos tipos de bosques, que la mayoría de los árboles (57-59%), presentaban fustes de calidad semi-recta. En relación a la posición socioecológica, el 36% de árboles eran del estrato superior y 51% del estrato medio.

Muchas especies son propias de ciertos estratos. En las áreas aprovechadas del BOSSCHI-bien drenado, el 77% de los árboles tenían algún grado de daño, mientras que en el BOSSCHI-hidrofítico fue de 53%. En las áreas no aprovechadas el daño llegó al 40% en ambos tipos de bosque. Las áreas aprovechadas, en ambos tipos de bosque, tuvieron mayor número de árboles dañados. Para las especies abundantes se encontró que árboles con DAP menores tuvieron mayor nivel de daño. La mortalidad de árboles fue similar en todas las áreas estudiadas. Las pérdidas en la producción forestal pueden ser considerables producto del daño y la mortalidad de los árboles, especialmente aquellos producidos por el aprovechamiento forestal. En las actividades de aprovechamiento que se realicen, deberían tomarse en cuenta acciones de protección para reducir daños, especialmente en aquellas especies que tienen alto valor económico.

Palabras clave: árboles aprovechables, estado sanitario, daño de árboles, mortalidad de árboles, producción forestal

Tree Quality, Damage and Mortality, and its Incidence in Forest Production, in the Chiquitano Dry Forest of Alta Vista, Santa Cruz, Bolivia

Submitted 09/06/2020; accepted 21/01/2021

Sandra Ramos^{1,2*} & Bonifacio Mostacedo²

¹Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano (FCBC). Santa Cruz, Bolivia

²Facultad de Ciencias Agrícolas, UAGRM. Santa Cruz, Bolivia.

*Autor de Correspondencia: bonifaciomostacedo@uagrm.edu.bo

SUMMARY

The quality of the trees depends on the place where they grow, the species, and the management that is carried out. Trees suffer different physical and biological damages that affect the quality of the stems and their wood, therefore, in their development and productivity. This study was focused on knowing the quality of trees in two types of forests: well drained chiquitano dry forest (BOSSCHI-well drained) and hydrophytic chiquitano dry forest (BOSSCHI-hydrophytic), in Alta Vista, municipality of Concepción. The study was carried out in harvested and non-harvested areas; where 27 transects of 100x10 m were installed, located at random. All individuals greater than 10 cm in diameter, of timber species, were recorded. Most of the trees (57-59%) were found to have semi-straight quality stems in both forest types. In relation to the socio-ecolo-

gical position, 36% of trees were from the upper stratum, and 51% from the middle stratum. Many species are characteristic of certain strata. In the harvested areas of the BOSSCHI-well drained forest, 77% of the trees had some degree of damage, while in the BOSSCHI-hydrophytic forest it was 53%. In the unharvested areas the damage reached 40% in both forest types. The harvested areas, in both types of forest, had a greater number of damaged trees. For abundant species, it was found that trees with lower DBH had a higher level of damage. Tree mortality was similar in all studied areas. Losses in forest production would be considerable as a result of tree damage and mortality. In harvesting activities carried out, protection actions should be taken into account to reduce damage, especially in those species that have high economic value.

Keywords: harvestable trees, sanitary status, tree damage, tree mortality, forest production

INTRODUCCIÓN

La ecorregión del bosque seco semideciduo chiquitano ocupa alrededor de 24.748.079 ha en Bolivia, Brasil y Paraguay (Vides-Almonacid, Reichle, & Padilla, 2007). En Bolivia se extiende sobre 16.449.475 ha (Villarando, 2004). Esta ecoregión exhibe rasgos sobresalientes frente a otras regiones debido a su potencial económico, cimentado en su riqueza forestal, ganadera, turismo y su estado de conservación (Navarro & Ferreira, 2005). Aunque la ecorregión abarca varios tipos de vegetación, los más comunes son el bosque seco semideciduo de la Chiquitania de suelos bien drenados que es el de mayor extensión, seguido de los bosques secos semideciduos hidrofíticos y freáticos de la Chiquitania, arbustales y matorrales saxícolas y la vegetación acuática, que son formaciones pequeñas con poca cobertura (Catari, Villagomez, & Saavedra, 2010).

El Centro de Estudios de Alta Vista engloba parte de esta diversidad de hábitats que tiene la Chiquitania. Además, tiene un área que tuvo aprovechamiento forestal en años anteriores. “Alta Vista”, inició sus actividades de aprovechamiento forestal, a partir del año 2014, con la extracción de madera de su primer compartimiento (AAA - 2014) área anual de aprovechamiento 2014 con 76 ha, con la premisa de manejarlo de forma integral y sostenible, aplicando un ciclo de corta de 35 años (Baldivieso 2013).

Por otro lado, la calidad y el estado (vivo, dañado, muerto, con patógeno) de los árboles muestra el potencial que tienen las especies. Varios factores pueden estar incidiendo en los parámetros de calidad y estado de los árboles, entre ellos: manejo de los bosques, estrés hídrico, incendios forestales, incidencia de plagas y patógenos (Dykstra, 2007).

Este estudio, tomó en cuenta para su diseño áreas que tuviesen aprovechamiento forestal y aquellas que aún se encuentran intactas, con el fin de determinar la calidad, daño y mortalidad de los árboles en estas condiciones y como incide esto en la producción de madera en dos tipos de bosque: BOSSCHI-bien drenado y BOSSCHI-hidrofítico. Los objetivos del estudio fueron: a) analizar la calidad, el daño y mortalidad de árboles en los distintos tipos de hábitat, b) determinar el efecto del aprovechamiento forestal en el daño que tienen las distintas especies arbóreas, y d) explorar el efecto de la calidad y daño en la producción de madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Centro de estudios del bosque seco tropical (CEBST), en la propiedad “Alta Vista”, cuya extensión es de 3424 ha, y un intervalo altitudinal de 370 a 490 m s.n.m. (Terrazas, 2010), dentro del municipio de Concepción, en la Provincia Ñuflo de Chávez del Departamento de Santa Cruz. Geográficamente

camente, se encuentra entre las latitudes 16°04'02"S, 61°48'48"O (Figura 1).

El bioclima es marcadamente estacional, con 5 meses de lluvias durante el verano, mientras que el invierno generalmente es seco. La precipitación pluvial anual promedio es de 1150 mm. Las temperaturas oscilan de 21°C y 30°C siendo la época seca la de menor temperatura (datos de

SENAMHI).

La vegetación de la Propiedad "Alta Vista" está conformada principalmente por bosque seco semideciduo chiquitano con áreas bajas o en los valles denominados bosque seco semideciduo chiquitano sector hidrofítico (BOSSCHI-hidrofítico) y zonas altas y bien drenadas denominadas bosque seco semideciduo chiqui-

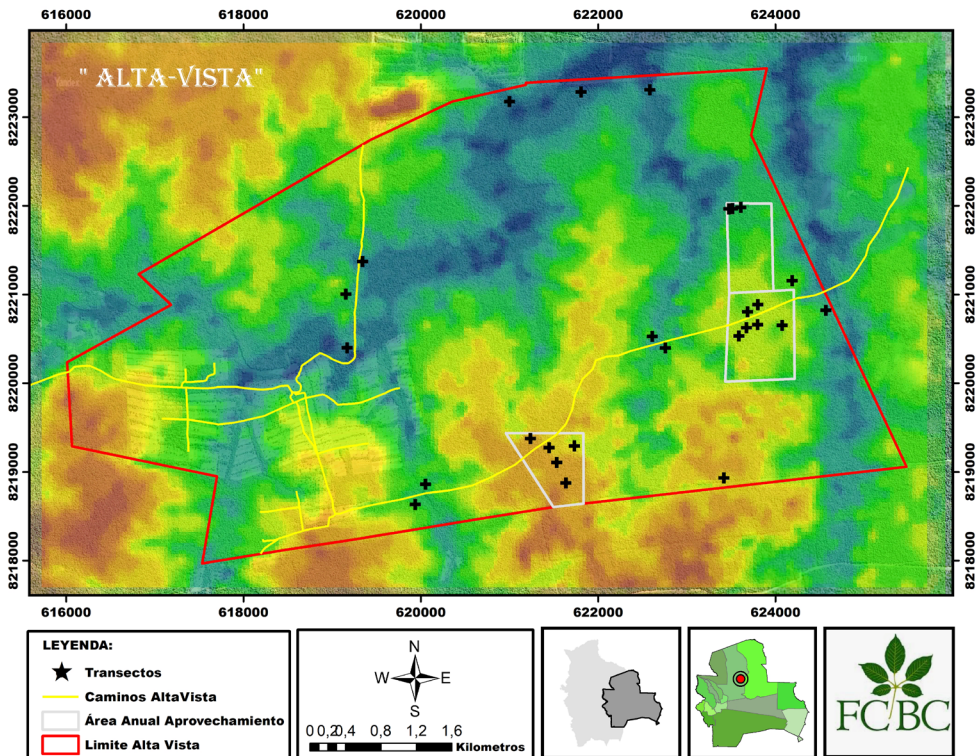


Figura 1. Ubicación geográfica de los dos tipos de bosque seco semideciduo chiquitano: BOSSCHI- hidrofítico manchas con tendencia azul y BOSSCHI-bien drenado de color café rojizo en áreas aprovechadas y no aprovechadas, en la Propiedad "Alta Vista". Los puntos (+) indican los sitios de muestreo.

tano sector bien drenado (BOSSCHI-bien drenado). También, Alta Vista tiene pequeñas porciones de sabanas o arboledas de Cerrado y de vegetación acuática (Catari *et al.*, 2010). A continuación se detalla los tipos de bosque donde se hizo el estudio:

Bosque seco semideciduo chiquitano: sector bien drenado (BOSSCHI-bien drenado).- Caracterizado por la evidencia de incendios forestales, lo cual se nota por la presencia de carbón en la corteza de algunos árboles y arbustos. Estos incendios suelen darse durante la época seca y en su mayoría cerca del límite perimetral. El área tiene suelos rojizos muy pobres en nutrientes minerales que son de textura arcillosa (Terrazas, 2010). El BOSSCHI-bien drenado tiene

una altitud aproximada de 394 m s.n.m.; la vegetación y sotobosque está formada por bejucos entre otros; como (*Serjania* sp. y *Perianthomega vellozoi*), *Casearia gossypiosperma* (cusé), *Senegalia polyphylla* (cari cari), *Bromelia* sp. (garabatá), *Acosmium cardenasii* (tasaá), *Centrolobium microchaete* (tarara amarilla), *Poincianella pluviosa* (momoqui), *Myracrodruon urundeuva* (cuchi), etc. (Catari *et al.*, 2010). Este bosque obtuvo apertura de dosel de 24,3%, con un índice de área foliar de 1.75 m².m⁻². (Cuadro 1).

Bosque seco semideciduo chiquitano: sector hidrofítico (BOSSCHI-hidrofítico).- Se caracteriza por la ausencia de incendios forestales por encontrarse en zonas húmedas ubicados en las partes

Cuadro 1. Información básica sobre los hábitats muestreados en la Propiedad de Alta Vista, relacionados a la altitud, apertura de dosel, índice de área foliar, altura promedio de árboles, número de transectos realizados y número de árboles evaluados.

Tipo de hábitat	Altitud (m. s.n.m.)	Apertura dosel (%)	Índice de área foliar (m ² .m ⁻²)	Altura de árboles (Min-Max) > 50 cm DAP	Nro. transectos realizados	Área muestreada (ha)	Nro. árboles evaluados
BOSSCHI sector Hidrofítico							
Aprovechado	374	37,4	1,4	17-18	3	0,3	81
No aprovechado	397	20,6	2,1	19-21	10	1	217
BOSSCHI sector Bien Drenado							
Aprovechado	428	32,9	1,41	16-19	6	0,6	105
No aprovechado	394	24,3	1,82	15-22	8	0,8	161

bajas; de suelos arcillo y arcillo arenoso. En su área no aprovechada el BOSS-CHI-hidrofítico se encuentra con alrededor de 374 m s.n.m. y muestra una vegetación con *Senegalia polyphylla* (cari cari), *Pogonopus tubulosus* (cresta de gallo), *Capparidastrum coimbranum* (pacobillo), *Acosmium cardenasii* (tasaá), *Poincianella pluviosa* (momoqui), *Anadenanthera colubrina* (curupau), *Aspidosperma* sp. (jichituriqi), y otros (Cattari et al., 2010). En el área aprovechada alcanza los 397 m s.n.m., posee un sotobosque compuesto de *Ampelocera ruizii* (blanquillo), *Bougainvillea modesta* (comomosi), *Casearia gossypiosperma* (cusé), *Acosmium cardenasii* (tasaá), *Poincianella pluviosa* (momoqui), *Anadenanthera colubrina* (curupaú), *Sweetia fruticosa* (maní), etc. En estas áreas es común encontrar también palmeras de *Attalea princeps* (motacú) y *Syagrus sancta* (sumuqué). En esta área la apertura de dosel en promedio fue de 37,5% con un índice de área foliar de 1,41 m².m⁻². Cuadro 1).

Diseño de Muestreo

Se consideró dos tipos de bosque descritos anteriormente: sector bien drenado y sector hidrofítico. En cada variante se ubicaron dos situaciones tipos de aprovechamiento maderero: con aprovechamiento (intensidad de aprovechamiento: 14 árboles/ha) y sin aprovechamiento. Para el estudio se estableció un total de 27 transectos de 10x100 m (0.1 ha), los mismos estuvieron distribuidos en los

cuatro tipos de hábitat mencionados anteriormente. El número de transectos por tratamiento estuvo determinado por la homogeneidad de los hábitats, pero varió entre 6 a 10 transectos. En el caso del BOSSCHI-hidrofítico aprovechado solo se evaluaron 3 transectos debido a que no habían muchos sitios en esas condiciones (Cuadro 1). La distancia mínima entre transectos fue de 100 m, por lo que en áreas aprovechadas no se tomó en cuenta el árbol cortado. En cada transecto, se evaluó individuos mayores a 10 cm DAP.

Toma de Datos

Las variables cuantitativas de carácter intrínsecas registradas fueron: a) diámetro a la altura de pecho (DAP) medidas con cinta diamétrica; b) altura comercial y altura total, que se obtuvo con la ayuda de un clinómetro (Garmin eTrex Legend); c) posición socioecológica de cada árbol: estrato superior “1”, medio “2”, inferior “3”; d) inclinación: “1” cuando el árbol tenía un ángulo de inclinación igual o inferior a 30°, y “2” cuando cuenta con ángulo de inclinación vertical superior a los 30°. Por otro lado, se evaluó: e) la rectitud de cada árbol: “1” cuando es totalmente recto, “2” cuando presenta torceduras o alabeos leves y “3” cuando presenta torceduras severas. También se midió: f) el estado sanitario de cada árbol: “1” cuando el árbol estuvo sano, “2” cuando tenía alguna evidencia de problema fitosanitario y “3” cuando tenía problemas fitosanitarios que afectan su desarrollo.

También se evaluó: g) la mortalidad de los árboles observando si cada uno de los individuos registrados estaban vivos o muertos. Los árboles muertos eran individuos secos en el tronco y sin hojas que estaban de pie, inclinados o en el suelo. También, se evaluó: h) el daño mecánico que poseía cada árbol: “1” cuando el árbol no tiene evidencia de daño, “2” cuando presenta un daño, herida, u otro deterioro producto del aprovechamiento. Adicional a ello, para calcular el efecto en la producción forestal, en términos de volumen, se midió: i) la altura del daño en los fustes. La información se obtuvo en los meses de marzo y abril del año 2019. Durante la toma de los datos se utilizó una combinación de la metodología propuesta por Murillo y Badilla (2010).

Análisis de Datos

Se determinaron porcentajes según las categorías de calidad de fustes, posición sociológica, tipo de daño y mortalidad de árboles, en diferentes tipos de vegetación con y sin aprovechamiento. Este mismo proceso se hizo a nivel de especies. Para determinar las diferencias estadísticas del número de árboles muertos y número de árboles dañados, se hicieron análisis no paramétrico con el método de Kruskal-Wallis, con un margen de error de 5% (se utilizó el programa INFOSTAT para estos análisis). Para el análisis estadístico y determinar la probabilidad de daño con relación al tamaño de los árboles, se realizó un análisis de Regresión Logística utilizando el programa estadístico IBM

SPSS Statistics (v.23) (IBM Corp., 2014), donde las variables fueron el diámetro y la presencia de daño por especie. Para obtener el efecto del aprovechamiento forestal en los tipos de daños, se calculó el volumen total, volumen dañado para adquirir el volumen aprovechable por tipo de bosque. El volumen dañado fue calculado en base a la longitud y diámetro de la parte dañada. Este análisis se realizó tomando en cuenta solo los árboles mayores al diámetro mínimo de corta. Análisis similar se realizó para definir las especies con mayor daño y su porcentaje de pérdida de madera y su afectación económica que tiene cada especie. Para el cálculo de volumen de madera se utilizó la siguiente fórmula: $Vol = 3.1416/4 (DAP)^2 * H * 0.65$, donde DAP fue igual al diámetro y H fue igual a la altura, de cada árbol. Todos los gráficos fueron realizados con el Software SigmaPlot 11.0 (California, Estados Unidos de América).

RESULTADOS

Calidad de árboles

Los bosques evaluados mostraron que, de manera general los árboles con DAP > a 10 cm registraron un 57-59% que son semi-rectos. Los árboles rectos oscilan entre 20-32%, mientras que los árboles con torceduras severas variaron entre 7 a 21%. En el BOSSCHI-bien drenado no aprovechado se encontraron un 21% de árboles rectos, un 58% de árboles semi rectos y otros 21% de árboles con torceduras severas. En el BOSSCHI- bien dre-

nado aprovechado, el porcentaje de árboles rectos incrementó a 33%, mientras que los semi-rectos fueron de 59%, y con 8% de árboles con torceduras severas. En el BOSSCHI-hidrofítico no aprovechado se encontró un 24% de árboles rectos, con 57% de árboles semi-rectos y 19% con torceduras severas. En BOSSCHI-hidrofítico aprovechado se encontró el 32% de árboles rectos, 59% de semi-rectos y

9% que tienen torceduras severas (Figura 2).

A nivel de especies, si bien en la mayoría de los casos hay un mayor porcentaje de árboles semi-rectos, algunas especies tienen mayor porcentaje de árboles rectos o con torceduras severas (Cuadro 2). En BOSSCHI-hidrofítico aprovechado, *Myracrodruon urundeuva* y *Aspidosper-*

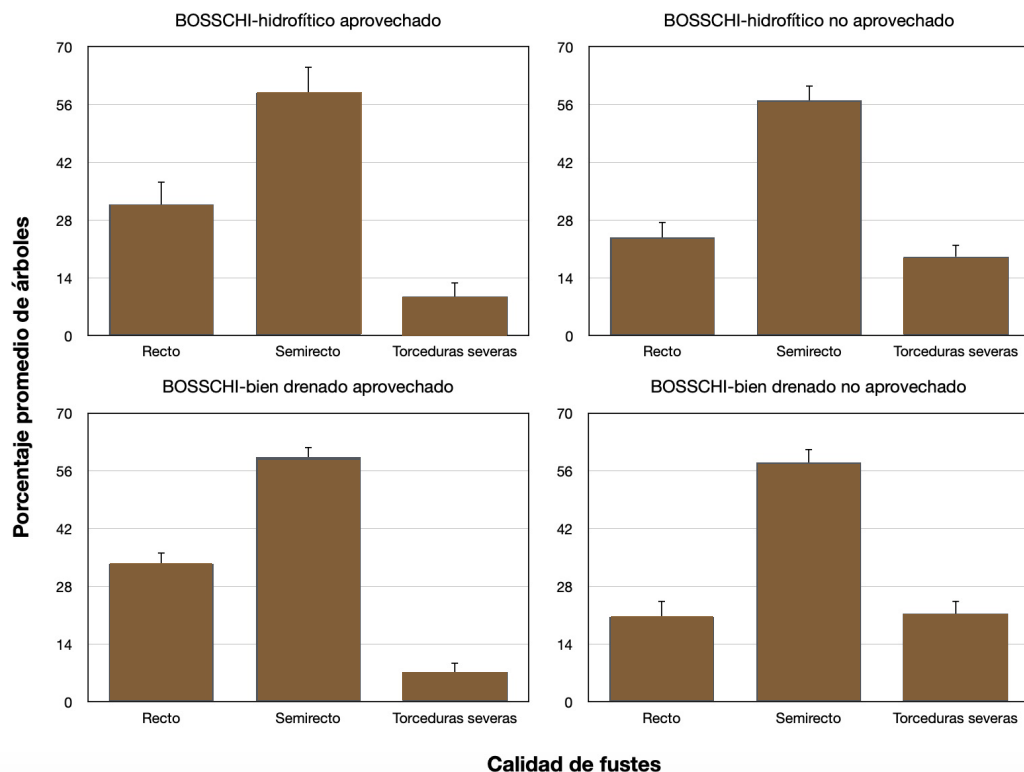


Figura 2. Descripción de la calidad de los fustes, en dos tipos de bosque, establecidos en 27 transectos de 10x100 en BOSSCHI-bien drenado y BOSSCHI-hidrofítico de áreas aprovechadas y no aprovechadas. Se exponen promedios de porcentajes de los individuos según su categoría y su respectivo error estándar.

ma sp., fueron las especies con más de 60% de árboles rectos, mientras que en el bosque no aprovechado *Myracrodruon urundeuva* y *Centrolobium microchaete* tienen 100% y 58% de árboles rectos, respectivamente. En este hábitat también se encontraron el 100% de los árboles de *Sweetia fruticosa* con torceduras severas.

Por su parte en el BOSSCHI-bien drenado aprovechado, tuvieron mayor porcentaje de árboles rectos, las siguientes especies: *Myracrodruon urundeuva* (100%), *Anadenanthera colubrina* (50%) y *Centrolobium microchaete* (60%). En este mismo bosque, pero en el no aprovechado solo *Myracrodruon urundeuva* tuvo el 60% de árboles rectos. Por su parte el 50% de árboles de *Poincianella pluviosa* tenían torceduras severas (Cuadro 2).

Respecto a la inclinación de los árboles, hay una leve diferencia en cuanto a los tipos de bosque. En el BOSSCHI-hidrofitico hay un 46% de los árboles que tienen una inclinación menor a 30°, mientras que en el BOSSCHI-bien drenado es mucho menor (38%).

Además, se observó que la posición socioecológica de los árboles en porcentaje promedio por tipo de bosque alcanzan hasta un 36% en la categoría del estrato superior en todas las áreas de estudio; árboles que son mayores o iguales a los 16 m de altura, los individuos que ubican el estrato medio alcanzan alrededor del 51,8%, el tamaño de estos árboles están entre los 9 y 15m de altura; finalmente los

árboles del estrato inferior ocupan aproximadamente un 23,5%, mismos que son menores o iguales a 9 m de altura en todas las áreas.

De acuerdo con los tipos de bosque y tipo de aprovechamiento estudiados, la posición socioecológica varía para cada especie. En el BOSSCHI-hidrofitico aprovechado, la mayoría de las especies tenían mayor porcentaje de árboles en el estrato medio. Sin embargo, el 100% de los árboles de *Myracrodruon urundeuva* y *Cordia* sp. fueron encontrados en el estrato superior. La especie *Aspidosperma* sp. 2 (amarillo) fue una de las pocas especies con alto porcentaje (86%) de individuos encontrados en el estrato inferior. En el BOSSCHI-hidrofitico no aprovechado, 9 de 19 especies se encontraron en el estrato medio con densidades mayor a 44%, algunos hasta 100% como es el caso de *Copaifera chodatiana*. Solo dos especies, *Myracrodruon urundeuva* y *Cedrela fissilis* tuvieron más del 70% de los árboles en el estrato superior. Varias especies tuvieron una alta densidad de árboles en el estrato inferior. Entre ellos se encuentran *Amburana cearensis* (50%), *Aspidosperma* sp. 2 (69%), *Gallesia integrifolia* (50%) y *Tabebuia serratifolia* (50%) (Cuadro 3).

En relación con el BOSSCHI-bien drenado, en áreas aprovechadas, *Myracrodruon urundeuva* fue la única especie con el 100% de los individuos que se encuentran en el estrato superior. De las 19 especies el 42% tuvieron más del 50% de sus individuos en el estrato intermedio. Se

Cuadro 2. Porcentaje de árboles > 10 cm de DAP en diferentes categorías de calidad de fuste, en los cuatro tipos de hábitat estudiados, para las especies maderables de los bosques secos de Alta Vista. Calidad: (1) recto, (2) semi-recto y (3) con torceduras severas.

Especies	BOSSCHI-Hidrofitico						BOSSCHI-bien drenado					
	Aprovechado			No aprovechado			Aprovechado			No aprovechado		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0	60	20	20
<i>Anadenanthera colubrina</i>	37,5	62,5	0	33,3	58,3	8,3	50	37,5	12,5	33,3	55,6	11,1
<i>Aspidosperma</i> sp.	66,7	33,3	0	30	55	15	13,3	73,3	13,3	11,1	77,8	11,1
<i>Sweetia fruticosa</i>	42,9	42,9	14,3	0	0	100	25	75	0	25	62,5	12,5
<i>Poincianella pluviosa</i>	33,3	55,6	11,1	14,3	50	35,7	21,4	78,6	0	20	30	50
<i>Machaerium scleroxylon</i>	50	50	0	28,6	57,1	14,3	50	25	25	20	40	40
<i>Tabebuia serratifolia</i>	0	0	0	0	66,7	33,3	0	100	0	16,7	66,7	16,7
<i>Centrolobium microchaete</i>	0	75	25	58,3	33,3	8,3	60	40	0	18,9	67,6	13,5
<i>Acosmium cardenasii</i>	29	67,7	3,2	8,2	70,6	21,2	33,3	61,1	5,6	6,7	73,3	20
<i>Machaerium acutifolium</i>	0	0	0	0	0	0	0	83,3	16,7	15,8	52,6	31,6

Cuadro 3. Porcentaje de árboles > a 10 cm de DAP según su posición socioecológica, para los árboles de los bosques secos de Alta Vista. (1) estrato superior, (2) estrato medio, (3) estrato inferior

Especies	BOSSCHI-Hidrofítico						BOSSCHI-Bien drenado					
	Aprovechado			No aprovechado			Aprovechado			No aprovechado		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Acosmiun cardenasii</i>	11	55	34	15	52	33	11	56	33	7	47	46
<i>Amburana cearensis</i>				17	33	50						
<i>Anadenanthera colubrina</i>	33	67	0	50	50	0	42	33	25	58	17	25
<i>Aspidosperma</i> sp.1 (jichituriqi)				33	67	0						
<i>Aspidosperma</i> sp.2 (amarillo)	14	0	86	0	31	69	0	37	63	5	38	57
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Poincianella pluviosa</i>	9	74	17	17	44	39	10	40	50	54	46	0
<i>Cariniana ianeirensis</i>				71	29	0						
<i>Cedrela fissilis</i>							0	100	0			
<i>Centrolobium microchaete</i>	13	50	38	13	61	26	13	63	24	16	62	22
<i>Copaifera chodatiana</i>	0	100	0	0	100	0	33	67	0			
<i>Cordia</i> sp.	100	0	0				0	100	0			
<i>Gallesia integrifolia</i>				6	44	50				0	0	100
<i>Machaerium acutifolium</i>	0	57	43				4	23	73	10	45	45
<i>Machaerium scleroxylon</i>	33	67	0	56	44	0	14	86	0	22	44	33
<i>Platimiscium ulei</i>				33	67	0				33	67	0
<i>Pterogyne nitens</i>				33	67	0	33	67	0			
<i>Sweetia fruticosa</i>	25	50	25	0	100	0	13	50	38	20	40	40
<i>Tabebuia serratifolia</i>				17	33	50	22	44	33	20	80	0

encontraron 3 especies que tienen más del 50% de sus individuos en el estrato inferior, entre ellas se encuentran *Aspidosperma* sp. 2, *Poincianella pluviosa* y *Machaerium acutifolium*. En las áreas no aprovechadas, las especies *Anadenanthera colubrina* (58%), *Myracrodruon urundeuva* (100%) y *Poincianella pluviosa*

(54%) fueron las especies con mayor porcentaje de árboles ubicados en el estrato superior.

En cambio, en el estrato medio la mayoría se encontraron individuos de *Centrolobium microchaete* (62%), *Platimiscium ulei* (67%) y *Tabebuia serratifolia* (80%).

Finalmente, en el estrato inferior las de mayor abundancia fueron *Aspidosperma* sp. 2 (57%) y *Gallesia integrifolia* (100%).

Daño en los árboles

El porcentaje de árboles dañados varió según el tipo de bosque. En promedio el BOSSCHI-bien drenado aprovechado tuvo el 77% de árboles dañados en algún grado, mientras que el BOSSCHI-hidrofitico aprovechado tuvo un 53%. El principal factor de daño fueron las heridas y deterioro en el fuste; con un mínimo de afectación en la copa producto de la caída de otros árboles por el viento, o por el mismo aprovechamiento. Por otro lado, en las áreas no aprovechadas tanto en el BOSSCHI-bien drenado como en el BOSSCHI-hidrofitico fue de 40% (Figura 3A).

Respecto al daño mecánico, se pudo constatar que las áreas aprovechadas tuvieron mayor porcentaje, tanto en el BOSSCHI-bien drenado (37%) como en el BOSSCHI-hidrofitico (33%) el 36,5% sufrieron algún tipo de daño debido al aprovechamiento, especialmente en el BOSSCHI-bien drenado aprovechado. Lo opuesto se encontró en el BOSSCHI-hidrofitico no aprovechado donde el promedio de árboles con daño mecánico fue de solo 6,5%, seguido del BOSSCHI-bien drenado no aprovechado con un 23% (Figura 3B). A través de un análisis no paramétrico utilizando el método de Kruskal-Wallis se pudo constatar los mismos resultados, encontrándose ma-

yor número de árboles dañados en los bosques aprovechados en comparación a los bosques no aprovechados ($K-W = 15,6$; $p=0,001$).

Por otro lado, el estado fitosanitario fue semejante en áreas no aprovechadas en ambos tipos de bosque con alrededor de 21,6%, con alguna afectación o evidencia de problema sanitario del total de árboles. Similar situación se observó en las áreas aprovechadas, pero con porcentajes mínimos de 8,8% y 15,3%, en cuanto a los árboles afectados en su desarrollo causado por problemas sanitario el BOSSCHI-hidrofitico en sus dos áreas mostró un 4,9%, esto debido al ataque principalmente por turiros, bejucos, epífitas (*Philodendron* sp.) y huecos en el fuste.

Al realizar la relación entre la presencia de daño a nivel de especie con el diámetro, se pudo apreciar los siguientes resultados. De manera general, para 4 especies más abundantes, la probabilidad de daño disminuye a medida que incrementa el diámetro de los árboles. En el caso de *Acosmiun cardenasii*, la probabilidad de daño máximo fue de 60% con 10 cm de DAP; esta probabilidad bajó gradualmente hasta 40% a los 60 cm de DAP. Similar comportamiento tuvo *Centrolobium microchaete*. En *Andenantha colubrina* y *Poincianella pluviosa* la probabilidad de daño se observó hasta los 30 cm de DAP, siendo en diámetros menores con alta probabilidad de daño. En árboles mayores a 30 cm de DAP, la probabilidad de daño fue mínima (Figura 4).

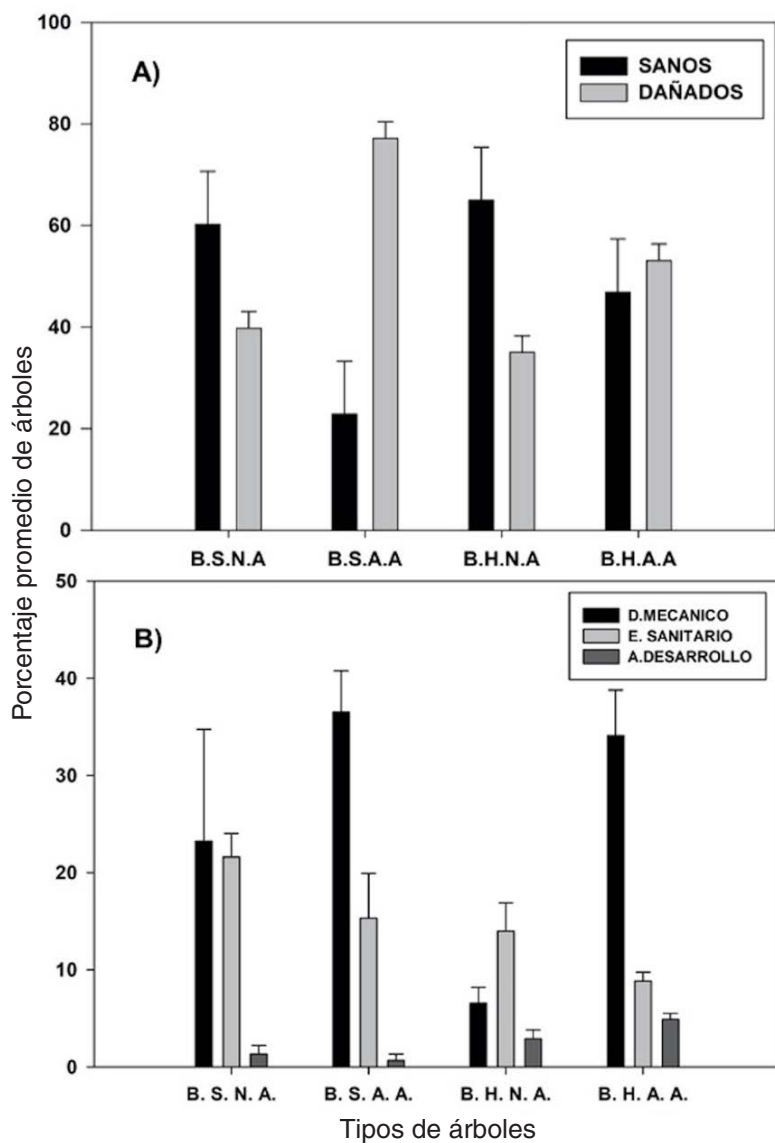


Figura 3. A) Porcentaje promedio de árboles sanos y dañados, B) porcentaje de árboles con daño mecánico y afectación sanitaria. B.S.N.A= BOSSCHI-bien drenado no aprovechado, B.S.A.A= BOSSCHI-bien drenado aprovechado, B.H.N.A= BOSSCHI-hidrofítico no aprovechado, B.H.A.A= BOSSCHI-hidrofítico aprovechado.

De manera general hay una variación en cuanto a los daños en sitios aprovechados y no aprovechados en los dos tipos de bosque. En el BOSSCHI-bien drenado no aprovechado hubo mayor daño (12,4%) que en el aprovechado (7,6%). A nivel de especies, en la mayoría de las especies hubo mayor daño en las áreas no aprovechadas. Por ejemplo, para *Acosmiun cardenasii*, en las áreas no aprovechadas el 2,74% de los árboles estuvieron dañados, mientras que en las áreas aprovechadas fue de 1,1%.

En el BOSSCHI-hidrofítico, de manera general hubo mayor porcentaje de árboles dañados en las áreas aprovechadas (14,1%) que en las no aprovechadas (5,7%). De igual manera, en las áreas no aprovechadas del BOSSCHI-hidrofítico, casi en todas las especies se encontró mayor porcentaje de daño. En las especies *Acosmiun cardenasii*, *Centrolobium microchaete*, *Aspidosperma* sp., y *Machaerium acutifolium*, la diferencia de porcentaje de daño fue alto, siendo mayor en áreas no aprovechadas (Cuadro 4).

Mortalidad de árboles

Respecto a la mortalidad de los árboles, en las áreas aprovechadas del BOSSCHI-bien drenado se encontró 27,2% de árboles muertos, mientras que en áreas no aprovechadas fue de 14,4%. De igual manera, en las áreas aprovechadas del BOSSCHI-hidrofítico hubo el 14,1% de mortalidad, mientras que en las áreas no aprovechadas fue de 12,1% (Cuadro 4).

El análisis estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis determinó que el número de árboles muertos encontrado fue similar en los cuatro tipos de ambiente ($K-W=6,4$; $p=0,088$).

A nivel de especies, en las áreas aprovechadas del BOSSCHI-bien drenado, *Poincianella pluviosa* (4,2%), *Centrolobium microchaete* (5,6%), y *Anadenanthera colubrina* (9,7%) tuvieron los porcentajes más altos y fueron también mayores en comparación a lo encontrado en áreas no aprovechadas. Por su parte, en las áreas aprovechadas del BOSSCHI-hidrofítico se encontraron los más altos porcentajes de mortalidad en las especies *Acosmiun cardenasii* (3,2%) y *Poincianella pluviosa* (3,2%), mientras que en las áreas no aprovechadas *Anadenanthera colubrina* (5,3%) tuvo el mayor porcentaje de mortalidad. (Cuadro 4). Cabe resaltar que los individuos muertos que se encontraban en posición caído (62%) mayormente eran producto del viento o de algunas ramas caídas producto del aprovechamiento en el caso de los árboles muertos en pie fueron causados por plagas mayormente turiros. Un 38% de los árboles muertos estaban en pie. Finalmente, del total de los árboles muertos el 92% tenían aspecto de haber muerto hace varios años atrás.

Efecto de la calidad y daño en la producción de madera

En cuanto a la calidad de árboles para la producción de madera en volumen apro-

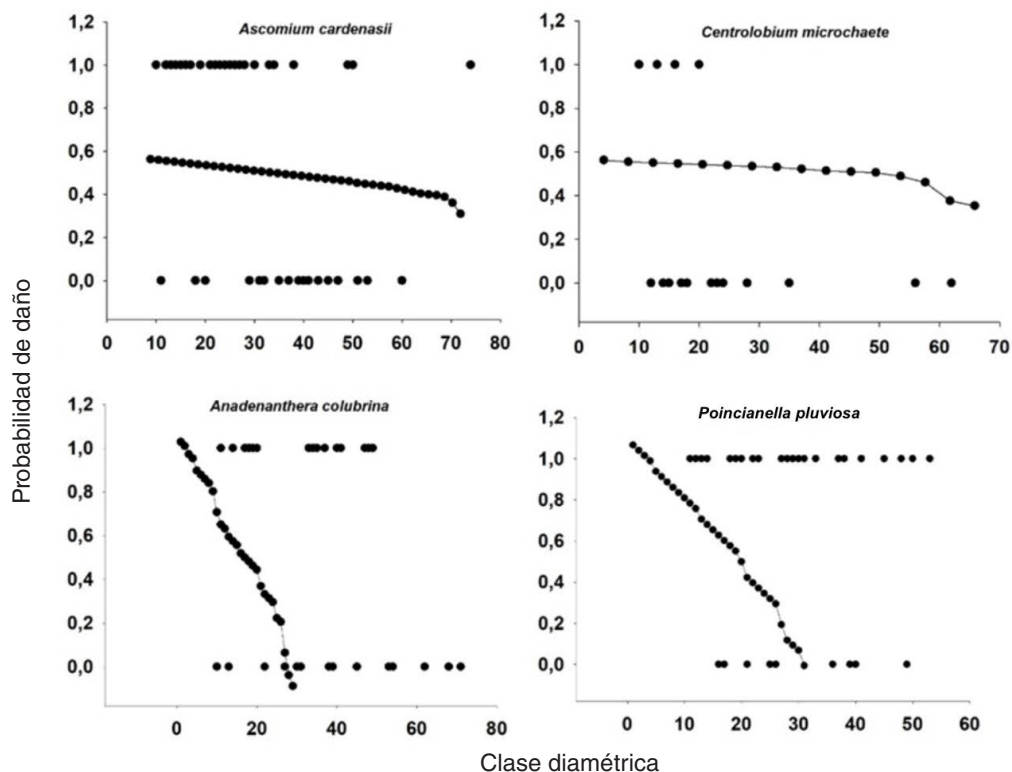


Figura 4. Probabilidad de daño por especie según su clase diamétrica en especies con mayor número de individuos

vechable, los resultados fueron separados por el volumen obtenido por calidad de los fustes y el volumen de árboles muertos; obteniéndose que el BOSSCHI-hidrofitico no aprovechado tuvo el mayor volumen de madera en pie de árboles rectos (calidad 1) con 31,06 m³/ha, respecto al volumen de calidad 2 alcanzó los 45,2 m³/ha; se registró como volumen perdido a los individuos con fuste severamente chuecos (calidad 3) con 21,8 m³/ha.

En cuanto al volumen dañado, en el BOSSCHI-hidrofitico aprovechado, se consiguió el mayor volumen de 11,3 m³/ha. En cambio el volumen en árboles muertos el mayor fue en el BOSSCHI-bien drenado aprovechado, con 28,5 m³/ha, principalmente en las especies *Anadenanthera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva* y *Poincianella pluviosa*. El volumen aprovechable fue mayor en las áreas no aprovechadas tanto en el BOSSCHI-hidrofitico (77,3 m³/ha) como

Cuadro 4. Especies con mayor porcentaje de daño por tipo de bosque, tanto en áreas aprovechadas y no aprovechadas. Los porcentajes de árboles dañados o muertos fueron calculados en base al número total de árboles en cada tipo de hábitat.

Nombre Científico	% Árboles dañados		% Árboles muertos	
	Aprovechado	No Aprovechado	Aprovechado	No Aprovechado
BOSSCHI-bien drenado				
<i>Acosmium cardenasii</i>	1,1	2,74		0,53
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,45	0,5	9,7	3,19
<i>Aspidosperma</i> sp.	0,96	0,58	1,4	1,1
<i>Centrolobium microchaete</i>	1,38	2,56	5,6	2,7
<i>Copaifera chodatiana</i>			0,7	
<i>Machaerium acutifolium</i>	0,43	1,35	0,7	0,53
<i>Machaerium scleroxylon</i>	0,45	0,56	1,4	0,5
<i>Myracrodruon urundeuva</i>			1,4	2,1
<i>Poincianella pluviosa</i>	1,17	0,84	4,2	1,1
<i>Tabebuia</i> spp.	1,38	2,56	2,1	2,1
Otras especies	0,26	0,69		0,55
Total	7,58	12,38	27,2	14,4
BOSSCHI-hidrofitico				
<i>Acosmium cardenasii</i>	1,89	5,18	3,2	0,4
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,45	1,35	2,1	5,3
<i>Aspidosperma</i> spp.	0,19	1,28		1,2
<i>Centrolobium microchaete</i>	0,28	0,83	1,1	
<i>Machaerium acutifolium</i>			1,1	
<i>Machaerium scleroxylon</i>	0,45	1,56		
<i>Myracrodruon urundeuva</i>			2,1	1,6
<i>Poincianella pluviosa</i>	1,5	2,34	3,2	1,6
<i>Tabebuia</i> sp.	0,28	0,83		1,2
Otras especies	0,61	0,77	1,9	0,8
Total	5,65	14,14	14,1	12,1

en el BOSSCHI-bien drenado (88,6 m³/ha). En cambio, en las áreas aprovechadas el volumen aprovechable se redujo a 48,7 m³/ha en el BOSSCHI-hidrofítico y a 45,5 m³/ha en el BOSSCHI-bien drenado (Cuadro 5).

Con relación a los cálculos de posibles pérdidas económicas, producto del daño o mortalidad de los árboles, los datos mostraron que las especies *Machaerium scleroxylon*, *Poincianella pluviosa* y *Centrolobium microchaete*, son especies que pudieran tener pérdidas significativas. La especie *Machaerium scleroxylon* es la que tuviera mayor pérdida económica (262,8 \$us/ha). Sin embargo, la pérdida económica fue más por la cantidad de árboles muertos. En especies como *Anadenanthera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva*, *Machaerium scleroxylon* y *Tabebuia serratifolia* son las que tuvieron mayor pérdida económica (Cuadro 6).

DISCUSIÓN

Calidad de árboles

Los bosques secos generalmente poseen árboles de regular calidad. Los eventos climáticos como la sequía en algunos meses hace que los árboles crezcan de manera irregular (Lopez y Villalba 2010). En nuestro estudio, no se ha encontrado diferencias en la calidad de árboles entre tipos de hábitat. Si bien el BOSSCHI-hidrofítico recibe mayor cantidad de agua, es posible que no sea lo suficiente como para tener una marcada diferencia en la fisonomía de los árboles.

A nivel de especies, hay varias especies que se han caracterizado por tener fustes rectos y semi-rectos. En la mayoría de los casos son especies demandantes de luz total o parcialmente, y que tienen un crecimiento rápido. Tal es el caso de las

Cuadro 5. Cálculo del volumen total, volumen dañado y volumen muerto, según el tipo de bosque y su posible rendimiento de madera.

Tipos de Bosque	Volumen (m ³ /ha)			
	General	Dañado	Muerto	Aprovechable
BOSSCHI-hidrofítico				
Aprovechado	60	11,3	15,3	48,7
No aprovechado	86,9	9,6	20,2	77,3
BOSSCHI-bien drenado				
Aprovechado	48,8	3,5	28,5	45,5
No aprovechado	95,5	7	20,8	88,6
Promedio	72,8	7,9	21,2	65

especies *Myracrodruon urundeuva*, *Anadenanthera colubrina* y *Centrolobium microchaete*.

Posición socioecológica

Se puede observar que más el 50% de los árboles, en estos bosques, se encuentran en el estrato medio. También, hay un significativo porcentaje de árboles (36%) que se encuentran en el estrato superior. En un bosque similar se encontró un 39% de las especies dentro de la

categoría Codominante, que viene a ser análogo a los árboles de estrato medio y un 14% en la categoría de árboles dominantes (Uslar *et al.* 2004). La altura de los árboles del estrato superior está por encima de los 20 m.

Igualmente, a nivel específico, hay especies que son propias de los diferentes estratos. Es el caso, por ejemplo de *Myracrodruon urundeuva*, que se ha reportado el 100% de los árboles en el estrato superior. Esto puede significar

Cuadro 6. Cálculo de posible afectación económica producto de daños producidos en el fuste por especie. El valor económico de la madera de cada especie se obtuvo de la Directriz Técnica IT-003/2003 (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra – ABT).

Nombre Científico	Valor de la madera \$us/m ³	Árboles dañados \$us/ha	Árboles muertos \$us/ha	Total \$us/ha
<i>Acosmium cardenasii</i>	3,37	15,75	7,84	23,59
<i>Anadenanthera colubrina</i>	7,39	19,12	257,44	276,64
<i>Aspidosperma</i> sp.	4,97	2,37	15,34	17,71
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	8,47	-	115,24	115,24
<i>Poincianella pluviosa</i>	7,39	56,17	51,08	107,25
<i>Cariniana ianeirensis</i>	4,97	0,12	-	0,12
<i>Centrolobium microchaete</i>	9,82	35,98	50,7	86,68
<i>Copaifera chodatiana</i>	3,37	13,41	8,52	21,93
<i>Gallesia integrifolia</i>	3,89	0,69	-	0,69
<i>Machaerium acutifolium</i>	9,82	1,47	9,55	11,02
<i>Machaerium scleroxylon</i>	32,86	262,84	128,13	390,97
<i>Pterogyne nitens</i>	7,39	-	39,3	39,3
<i>Sweetia fruticosa</i>	3,37	1,49	-	1,49
<i>Tabebuia serratifolia</i>	9,82	35,98	105,75	141,73

que no existen árboles en otros estadios de regeneración para esta especie. Esto puede estar relacionado con el grado de perturbación que pueda tener un lugar, a partir del cual algunas especies inician su regeneración, pero los individuos son más o menos de la misma edad. Si estos árboles del estrato superior fueran aprovechados, tendrían que esperar un largo tiempo para ser reemplazados en el estrato superior. Para otras especies como *Anadenanthera colubrina* o *Tabebuia serratifolia*, si bien los valores no son iguales, las tendencias de proporcionalidad de árboles en diferentes posiciones sociológicas son similares (Uslar *et al.* 2004).

Daño en los árboles

De acuerdo con los resultados generales, se puede notar que un alto porcentaje de árboles tuvieron algún tipo de daño. Al parecer el aprovechamiento forestal realizado anteriormente afectó de alguna manera, ya que hubo mayor porcentaje de daño en estas áreas, sea en el BOSSCHI-bien drenado o el BOSSCHI-hidrofítico. Solo el bosque hidrofítico no aprovechado tuvo poco daño mecánico. Al parecer este tipo de bosque tiene mejor condición en términos estructurales. De todas maneras, el porcentaje de árboles dañados encontrados en este estudio parecen ser altos en comparación a otros estudios realizados en el mismo tipo de bosque. Áreas que se aprovecharon de manera intensa llegaron solo alrededor del 10% de daño (Mostacedo *et al.* 2006), a comparación de más de 30% de daño mecánico en-

contrado en este estudio. Esta diferencia puede ser porque en este estudio solo se tomó en cuenta especies maderables.

En relación al aprovechamiento, al parecer hay una relación positiva entre el nivel de aprovechamiento y la proporción de árboles muertos y dañados, donde a mayor tasa de aprovechamiento hay mayor tasa de mortalidad y daño (Mostacedo *et al.*, 2006; Picard *et al.* 2012). En un estudio realizado en los predios de INPA Parket, se encontró que el porcentaje de árboles muertos y dañados al inicio se incrementa pero luego se estabiliza con la intensidad de aprovechamiento (Mostacedo *et al.* 2009).

El daño está también relacionado con la presión de factores externos, sean estos físicos o biológicos. Los vientos y las épocas fuertes de sequía, acompañados de incendios forestales, pueden jugar un rol importante en el daño que tengan los árboles. Los árboles en su intento de continuar con vida rebrotan, pero queda la parte afectada como dañada. También, los factores biológicos como la depredación o la presencia de patógenos afecta en la condición y el daño que puedan tener los árboles. En un experimento en la misma ecorregión a 50 km de distancia del lugar de estudio, se pudo ver que después del daño por fuego o daño mecánico, hay alta probabilidad de que los troncos de los árboles sean infectados por patógenos e insectos (Schoonenberg *et al.* 2003). La capacidad de soportar daños originados por diferentes factores puede depender también de las caracte-

rísticas anatómicas y estructurales de los tallos de árboles (Romero y Bolker, 2008).

Por otro lado, se esperaría que el nivel de daño tendría que incrementar con el tamaño de los árboles. Sin embargo, haciendo un análisis con las especies más abundantes, se pudo constatar que la relación es inversa. Es decir, hay la tendencia que los árboles más pequeños tengan mayor proporción de daño. De todas maneras, lo que también se ve en algunas especies, que el daño es mínimo en los árboles más gruesos, seguramente por el tipo crecimiento que estos tienen. No hay evidencias que esto haya sido producto de la aplicación de técnicas de aprovechamiento de impacto reducido (corta dirigida o marcado de árboles de futura cosecha), pero son técnicas que ayudan a reducir el daño (Mostacedo 2011).

Efecto en la producción forestal

En cuanto al efecto que ha tenido la calidad de árboles, los daños y la mortalidad de árboles en la producción, al parecer esto ha sido significativo. No obstante, si bien el efecto parece ser alto, estas en su mayoría parece ser por causas naturales. De todas maneras, todas las acciones que se pueda realizar para proteger el bosque y el recurso forestal, ayudarán a reducir los daños. Aquí viene la importancia de aplicar prácticas o tratamientos silviculturales que ayuden a reducir los daños y la mortalidad de árboles. En estudios anteriores se mostró que la aplicación de tratamientos silviculturales puede

reducir la proporción de daños y mortalidad (Mostacedo *et al.* 2009; Mostacedo 2011).

CONCLUSIONES

El 77-91% de los árboles encontrados son rectos y semi-rectos, siendo similares en proporción entre los diferentes tipos de bosque con y sin aprovechamiento estudiados. La calidad de árboles también ha sido similar entre áreas aprovechadas y no aprovechadas. A nivel de especies, por sus características intrínsecas, hay varias especies que tiene buena calidad de fustes.

En cuanto a la posición socioecológica, los bosques estudiados tienen una distribución de proporción de árboles similar a otras áreas, y tampoco existen diferencias entre los hábitats estudiados. Un considerable porcentaje de árboles son del estrato superior (35%) y medio (51,8%). A nivel de especies, *Myracrodruon urundeuva*, *Anadenanthera colubrina* y *Aspidosperma* spp., son las que domina en el estrato superior. Las áreas aprovechadas tuvieron mayor afectación fitosanitaria.

En relación al daño de los árboles, en ambos tipos de bosque (BOSSCHI-bien drenado e BOSSCHI-hidrofítico), en sus áreas aprovechadas tuvieron en promedio el 65% de daño, las que están representadas por heridas y deterioro del fuste. El daño mecánico, fue más notorio en el BOSSCHI-bien drenado. A nivel de

especies, hay una tendencia de encontrar mayor probabilidad de daño en árboles de diámetro menor. Por su parte, la mortalidad de árboles fue mayor en áreas aprovechadas en comparación a las no aprovechadas. *Anadenanthera colubrina* es una de las especies que aparece con mayor porcentaje de mortalidad en ambos tipos de bosque.

Finalmente, las pérdidas en la producción forestal pueden ser considerables producto del daño y la mortalidad de los árboles. Si bien lo natural será difícil evitar, en las actividades de aprovechamiento que se realicen deberían tomarse en cuenta acciones de protección para reducir daños, especialmente en aquellas especies que tienen alto valor económico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento por el apoyo financiero y logístico para realizar este estudio a la Fundación para la Conservación del bosque Seco Tropical (FCBC). También, agradecen al Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas la Facultad de Ciencias Agrícolas, UAGRM (LAB-SAP) y a todos los que colaboraron de manera directa e indirecta durante el proceso de toma de datos y diagnóstico en campo, análisis, redacción y revisión del documento.

LITERATURA CITADA

- Baldivieso, J. P. 2013. Plan de Manejo Forestal de Alta Vista. Santa Cruz, Bolivia: Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano.
- Catari, J. C.; Villagomez, J., y Saavedra, M. 2010. Vegetación de la hacienda Alta Vista: composición, estructura, diversidad de áreas importantes para la conservación. Santa Cruz, Bolivia:
- Dykstra, D. P. 2007. Influence of forest operations on timber quality. Paper presented at the Forest Growth and Timber Quality: Crown Models and Simulation Methods for Sustainable Forest Management.
- Lopez, L., y Villalba, R. 2010. Climate influences on the radial growth of *Centlobium microchaete*, a valuable timber species from the tropical dry forests in Bolivia. *Biotropica*, 43(1): 41-49.
- Mostacedo, B.; Peña-Claros, M.; Alarcón, A.; Licona, J. C.; Ohlson-Kiehn, C.; Jackson, S.; Blate, G. 2006. Daños al bosque bajo diferentes sistemas silviculturales e intensidades de aprovechamiento forestal en dos bosques tropicales de Bolivia. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia:
- Mostacedo, B.; Villegas, Z.; Licona, J. C.; Alarcón, A.; Villarroel, D.; Peña-Claros, M. y Fredericksen, T. S. (2009).

- Ecología y silvicultura de los principales bosques tropicales de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia: Instituto Boliviano de Investigación Forestal.
- Mostacedo, B. 2011. Silviculture of Tropical Dry Forests: Bolivian case study. p. 285-295. *En*: Günter S.; Weber M.; Stimm B. y R. Mosandl (Eds.), *Silviculture in the Tropics*. Berlin, Alemania: Springer-Verlag.
- Murillo, O. y Badilla, Y. 2010. Calidad de la plantación forestal. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Navarro, G. y Ferreira, W. 2005. Caracterización de complejos de vegetación y unidades puras del bosque seco Chiquitano. Santa Cruz, Bolivia:
- Picard, N.; Gourlet-Fleury, S. y Forni, E. 2012. Estimating damage from selective logging and implications for tropical forest management. *Canadian Journal of Forest Research*, 42(3): 605-613.
- Romero, C. y Bolker, B. M. 2008. Effects of stem anatomical and structural traits on responses to stem damage: an experimental study in the Bolivian Amazon. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(3): 661-618.
- Schoonenberg, T.; Pinard, M., y Woodward, S. 2003. Responses to mechanical wounding and fire in tree species characteristic of seasonally dry tropical forest of Bolivia. *Canadian Journal Of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 33(2): 330-338.
- Terrazas, J. 2010. Diagnóstico de suelos de la Propiedad Alta Vista. Santa Cruz, Bolivia: Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano.
- Uslar, Y. V.; Mostacedo, B.; y Saldías, M. 2004. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semidecíduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 39(1): 25-43.
- Vides-Almonacid, R.; Reichle, S. y Padilla, F. (2007). Planificación Ecoregional del Bosque Seco Chiquitano. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano.
- Villarpando, W. 2004. Pronóstico y variabilidad climática del Bosque Chiquitano y sus alrededores. Santa Cruz, Bolivia.