

## Variación en composición y estructura de la vegetación leñosa de un bosque húmedo premontano transición seca, debido a la actividad agrícola y ganadera

Verónica Bonilla Villalobos

Universidad Estatal a Distancia, Maestría en Manejo de Recursos Naturales, San José, Costa Rica; vbonilla@uned.ac.cr

Recibido 12-V-2018 • Corregido 24-VII-2018 • Aceptado 04-XI-2018

**ABSTRACT:** "Composition and structure variation of woody vegetation of a premontane wet forest dry transition, due to agricultural and livestock activity". **Introduction:** long term vegetation studies of Costa Rican premontane humid forests (transition to dry forest) are scarce. **Objective:** to compare a protected and a degraded forest. **Methods:** between 2015 and 2016 (ten months), I analyzed woody vegetation structure and composition in Bosque Andrómeda (site N°1: 305 individuals, 29 families and 51 species) and Los Llanos de La Garita (site N°2: 76 individuals, 16 families and 18 species). I measured DBH > 10cm trees in 20 plots per site (500m<sup>2</sup> each). **Results:** the most abundant species were *Guazuma ulmifolia*, *Anacardium excelsum* and *Calycophyllum candidissimum* in Andrómeda; and *Enterolobium cyclocarpum*; *Bursera simaruba* and *Andira inermis* in Los Llanos. The most frequent species in Andrómeda were *Guazuma ulmifolia*, *Anacardium excelsum* and *Cedrela odorata*; and, in Los Llanos, *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera simaruba* and *Tabebuia rosea*. The dominant species in Andrómeda were *Cedrela odorata*; *Pseudobombax septenatum* and *Enterolobium cyclocarpum*; and, in Los Llanos, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus* spp. and *Guazuma ulmifolia*. The diversity in Andrómeda was (H) 3,22 and in Los Llanos 2,50; dominance (DSi) in Andrómeda is 0,95 and in Los Llanos 0,89; evenness (J') of 0,85 in Andrómeda and 0,87 in Los Llanos. Bray-Curtis dissimilarity was 0,81 and Jaccard species 0,89. The nonparametric estimators (ACE, Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Bootstrap) in Los Llanos showed a richness value of 20 to 28 species and in Andrómeda of 59 to 111. **Conclusion:** the horizontal structure is different, but the similar floristic compositions between sites should facilitate future ecological restoration.

**Keywords:** premontane humid forest, composition, structure, restoration, non-parametric estimates, agrolandscape, key species.

**RESUMEN: Introducción:** la caracterización de la vegetación a largo plazo en los bosques húmedos premontanos transición seca de Costa Rica ha sido muy escasa. **Objetivo:** realizar un estudio comparando dos sitios, uno más conservado y el otro muy degradado. **Métodos:** entre el 2015 y 2016 (diez meses) analicé la estructura y la composición en Bosque Andrómeda (sitio N°1: 305 individuos, 29 familias y 51 especies) y Los Llanos de La Garita de la vegetación leñosa de dos remanentes de bosque húmedo premontano transición seca, en Los Llanos de La Garita (sitio N°2: 76 individuos, 16 familias y 18 especies). Medí árboles con DAP > 10cm en 20 parcelas circulares (500m<sup>2</sup> cada una) por sitio. **Resultados:** Las especies más abundantes en Andrómeda fueron *Guazuma ulmifolia*, *Anacardium excelsum* y *Calycophyllum candidissimum*; mientras que en Los Llanos fueron *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera simaruba* y *Andira inermis*. Las especies de mayor frecuencia en Andrómeda fueron *Guazuma ulmifolia*, *Anacardium excelsum* y *Cedrela odorata* y en Los Llanos *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera simaruba* y *Tabebuia rosea*. Las especies dominantes en Andrómeda fueron *Cedrela odorata*, *Pseudobombax septenatum* y *Enterolobium cyclocarpum*; y en Los Llanos *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus* spp. y *Ficus Guazuma ulmifolia*. En cuanto a los índices de biodiversidad encontré que Andrómeda muestra una diversidad de H=3,22 y Los Llanos fue de H=2,50. Andrómeda mostró mayor dominancia DS=0,95 que Los Llanos con DS=0,89. Ambos sitios mostraron una alta equitatividad de especies J=0,86, también presentaron casi los mismos valores de similitud de especies Bray-Curtis=0,81 y Jaccard=0,89. Estimé que la riqueza de especies según los estimadores no paramétricos (ACE, Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Bootstrap) para Andrómeda está entre 59 a 111 especies, mientras que para el otro sitio fue de 20 a 28 especies. **Conclusión:** la estructura horizontal es diferente, pero la composición florística similar entre sitios debería facilitar los procesos de restauración ecológica.

**Palabras claves:** bosque húmedo premontano, composición, estructura, restauración, estimaciones no paramétricas, agropaisaje, especie clave.

El bosque húmedo premontano transición seca, se caracteriza por presentar suelos volcánicos fértiles (Fournier, Flores, & Rivera, 1985; 1991). Este tipo de suelo presentan acumulación de carbono, edafotaxon rico en bases, prevaleciendo calcio y magnesio (Peña, 2016,

comm. pers.). Autores como Bergoign y Protti (1997) indica que de los materiales parentales de estos suelos sobresalen las andesitas y rocas básicas ignimbríticas que proporcionan la característica de basicidad en los sustratos, asociados a la actividad volcánica del Poás.

Este ecosistema constituye, después del bosque tropical seco, el tipo de bosque más alterado y reducido de Costa Rica (Cascante et al., 2001; Amador, 2003; Rodríguez & Brenes, 2009). Se estima que tan solo un 21% del área original del bosque premontano transición seca se mantiene actualmente en el país. Este presenta un alto grado de fragmentación conformado por pequeños remanentes o islas de bosques (Sánchez, 2001; Cascante et al., 2012). Probablemente, dicha situación es la consecuencia de que las condiciones climáticas de este tipo de bosque son propicias para la agricultura; ganadería y el asentamiento de poblaciones humanas, por lo que se ha convertido en el área más desarrollada en términos sociales y económicos (Meave, Romero-Romero, Salas-Morales, Pérez-García, & Gallardo-Cruz, 2012; Meneses & Armbrrecht, 2018).

En cuanto a las comunidades vegetales en regeneración conduce al conocimiento de la composición, estructura y dinámica de las mismas, es vital para entender cómo deben ser llevados a cabo los planes de restauración y reforestación para su regeneración (Londoño-Lemos & Torres González, 2015).

Asimismo, la estabilidad de los ecosistemas depende de la estructura, su composición y su funcionamiento (Trombulak, Omland, Robinson, Fleischner, Bromws, & Domroese, 2004; Gann & Lamb, 2006; Vargas, 2011; Vargas, Diaz, Reyes, & Gómez, 2012). La primera consiste en propiciar la presencia de ciertas especies (cuantificar riqueza) y la composición es la evaluación de la diversidad (Garibello, 2003; Rodríguez & Brenes, 2009; Cascante & Estrada, 2012; Londoño-Lemos & Torres González, 2015).

La comparación de la composición y la estructura entre dos sitios puede efectuarse mediante la aplicación de ciertas técnicas estadísticas (Dueñas, Betancur, & Galindo, 2007; Dzib, Chantásig, & González, 2014; Muñoz, Erazo, & Armijos, 2017). Esta caracterización de la vegetación representa el primer paso hacia el entendimiento de la estructura y dinámica de un ecosistema, fundamental para comprender los diferentes aspectos ecológicos, incluyendo el manejo exitoso de los bosques tropicales (Bawa & McDade, 1994; SER, 2004).

Es necesario desarrollar más investigaciones en el bosque húmedo premontano transición seca, conocer su dinámica y funcionamiento, proponer un buen manejo, así como estrategias de conectividad y restauración de esos bosques. Esto es fundamental para comprender diferentes aspectos ecológicos, incluyendo el manejo exitoso de los bosques tropicales (Bawa & McDade, 1994; SER, 2004). Por lo anterior, se evidencia la importancia de realizar estudios de composición y estructura vegetal, con el fin de caracterizarla y entender la dinámica de estos

ecosistemas (Ramírez et al., 2013; Cárdenas-Torres, 2014; Caranqui, Lozano, & Reyes, 2016).

Con el fin de solventar la deficiencia de conocimiento que existe sobre el bosque húmedo premontano transición seca, se analizó la variación de la estructura y la composición del bosque debido a la actividad agrícola y ganadera. En este estudio se analiza la composición y estructura de la vegetación en un bosque húmedo premontano transición seca en dos fragmentos de bosque.

## MATERIALES Y MÉTODOS

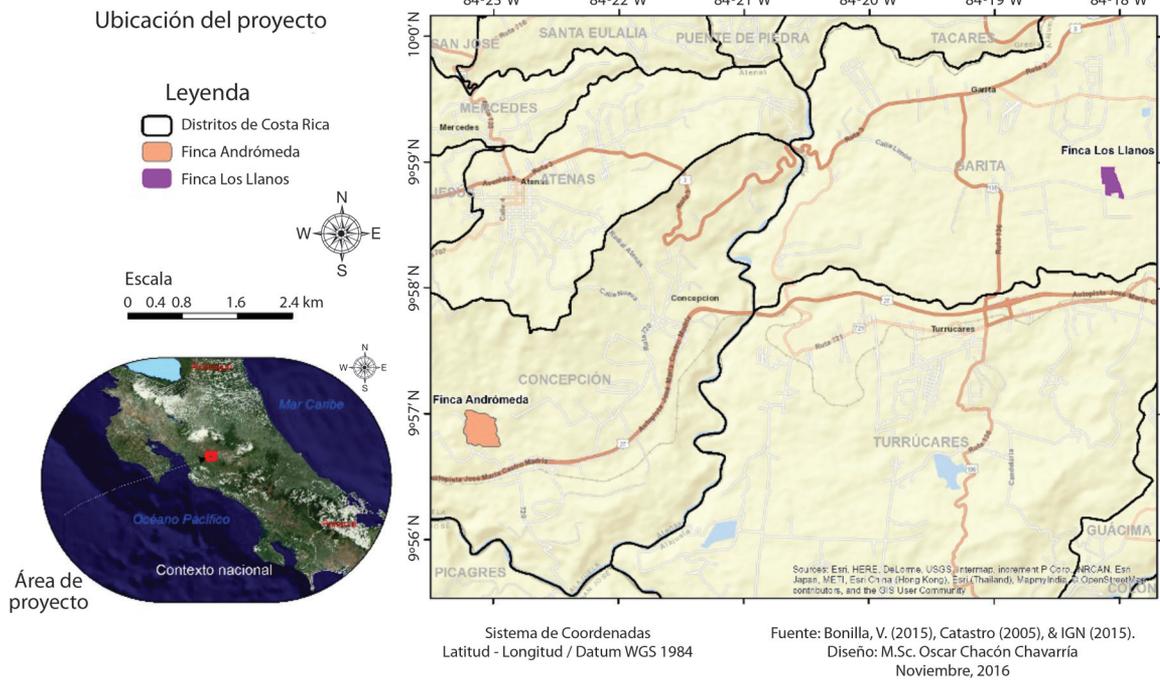
**Área de estudio:** la investigación se desarrolló en dos sitios, uno con un grado de alteración bajo (Andrómeda) debido a que no se realizan actividades ganaderas o comerciales destructiva y otro muy alterado (Los Llanos) por la actividad ganadera extensiva, ambos sitios se encuentran a una distancia lineal de aproximadamente 9,5km (Fig. 1).

La cobertura vegetal actual de la finca Los Llanos (Alajuela, La Garita, 9°58'44,94"N & 84°18'7,056"W, 500m.s.n.m) está compuesta por pastizales y alguna vegetación arbórea nativa muy dispersa, por lo que se puede considerar un sitio fragmentado. La degradación del suelo por el uso extensivo de la ganadería y los monocultivos ocasionó la pérdida de gran parte de la cobertura boscosa (Fig. 2).

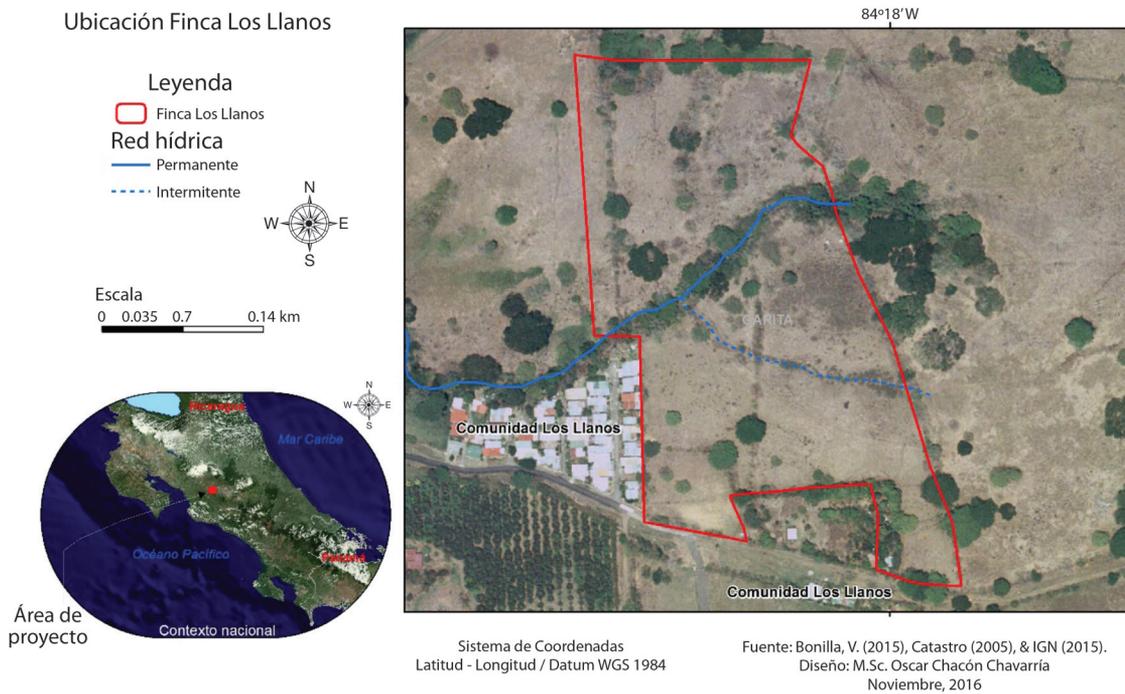
El sitio menos alterado Andrómeda, (Alajuela, Atenas, 9°56'52,4" N & 84°23'5,9"W, 700m.s.n.m.) es administrado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Este se encuentra rodeado por fincas agrícolas con pasto y es un área en proceso de restauración pasiva (Fig. 3).

**Análisis y recolección de datos:** en cada sitio se establecieron al azar 20 parcelas circulares de muestreo de 500m<sup>2</sup> (radio 12,56m), se contabilizaron y se identificaron todas las especies de plantas con un diámetro (DAP) mayor o igual a 10cm. Para la definición de estas parcelas, se utilizó la herramienta Hawth's Tools v3.27 (2006), con la cual, acoplada al programa de sistema de información geográfica, ArcGis v10.3, por medio de los módulos Create Vector Grid y el módulo Create Random Selection, se crearon cuadrículas correspondientes a las parcelas y con el segundo se hizo la selección al azar.

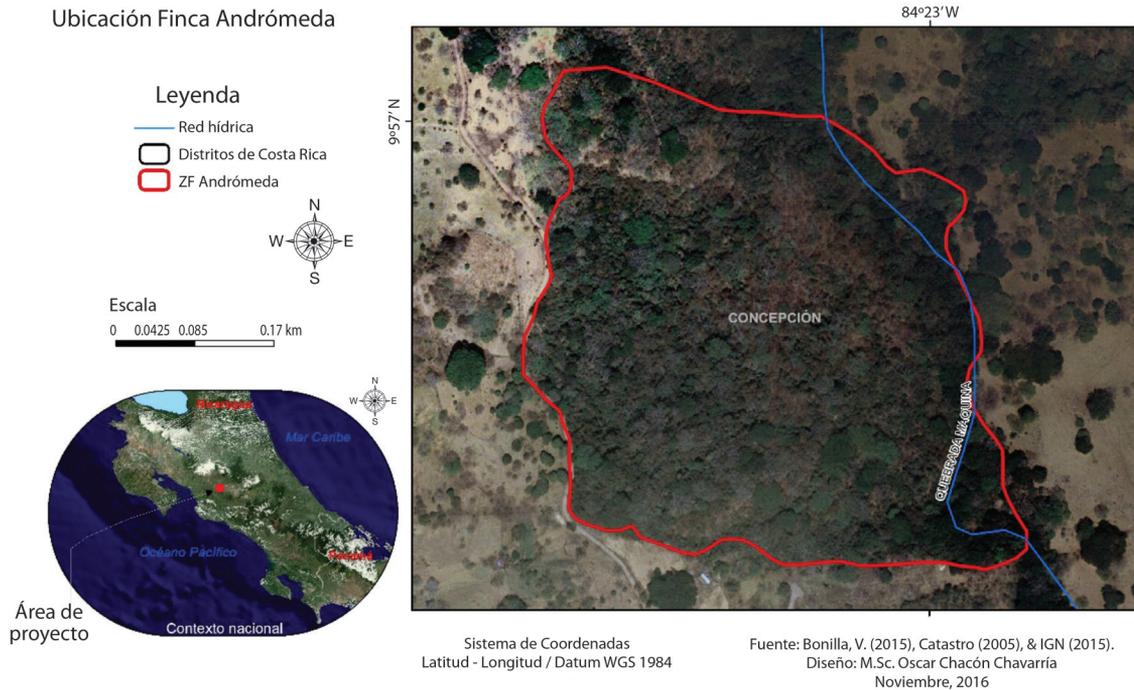
Una vez seleccionadas las celdas al azar, se utilizó la herramienta ETGeowizards v11.0 con el módulo Polygon to Point, con el fin de obtener la coordenada central de cada celda. Estas herramientas se utilizaron en el programa ArcMap 10.3 de Esri. Por otra parte, en ambos



**Fig. 1.** Ubicación de las zonas de investigación; finca Los Llanos y bosque Andrómeda Alajuela, Costa Rica, 2016.



**Fig. 2.** Uso del suelo de la finca Los Llanos, la Garita, Alajuela, 2016.



**Fig. 3.** Uso de suelo del bosque Andrómeda, Balsa de Atenas, Alajuela, 2016.

sitios se llevaron a cabo varios tipos de estimaciones de diversidad: a) número de especies, género y familia por parcela; b) número total de individuos por parcela y por especie; c) distribución por categoría de diámetros; d) área basal ( $m^2$ ) total, por parcela y por especie; e) mediciones de abundancia, frecuencia, dominancia por especie y f) el índice de valor de importancia (conocido como IVI) para cada especie, además, g) índice de importancia familiar o FIV, propuesto por Mori, Boom, de Carvalho, y Dos Santos (1983).

También se utilizaron los estimadores beta para medir el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las comunidades que se encuentran en un área mayor (Villarreal et al., 2006). Para este fin, se aplicaron: a) índice de diversidad Shannon y Wiener; b) índice de dominancia de Simpson; d) índice de equidad de Pielou (J); e) índice de similitud de Jaccard y Bray-Curtis.

Por otra parte, para los análisis de biodiversidad, se aplicaron dos procedimientos, el primero consistió en el uso de siete estimadores no paramétricos (ACE, ICE, Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap), mediante el programa EstimateS versión 7 (Colwell, 2004), obtenidos a partir la herramienta EstimateS (Versión 9.1.0), Copyright R. K. Colwell: <http://purl.oclc.org/estimates>. En segunda instancia, se aplicaron las curvas de acumulación de especies (Gotelli & Colwell, 2001). Ambos

procedimientos estiman el número de especies que podrían existir en un sitio a partir de datos generados, los cuales sirven para tener una idea de las especies encontradas como parte de los resultados obtenidos de riqueza registrada (Villarreal et al., 2006).

**Ética, conflicto de intereses y declaración de financiamiento:** la autora declara haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en el manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, está de acuerdo con la versión editada final del documento. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

## RESULTADOS

La riqueza de especies en Los Llanos fue de 16 familias, 18 especies y 76 individuos y para Andrómeda de 29 familias, 51 especies y 305 individuos. Con respecto a la distribución diamétrica de los individuos, en Los Llanos se identificaron 34 especies con  $DAP \geq 80cm$  y en Andrómeda, el rango con mayor cantidad de individuos fue 10-14,99cm con 91 especies (Cuadro 1).

CUADRO 1  
Rangos de distribución diamétrica con mayor porcentaje de individuos identificados en Los Llanos y en Andrómeda, 2015-2017

Los Llanos	Andrómeda
15-99,99cm con 9%	10-14,99cm con 29%
30-34,99cm con 10%	15-19,99cm con 22%
DAP≥80cm con 45%	20-24,99cm con 16%

En cuanto a la composición florística en el área basal (AB) promedio por hectárea fue de 76,60m<sup>2</sup>/ha (min.=0,007; máx.=14,52; D.E.=2,22), mientras que el promedio de Andrómeda fue de 24,69m<sup>2</sup>/ha (min.=0,007; máx.=2,207; D.E.=0,20). Los Llanos, se ve fuertemente influenciado por la presencia de individuos de gran tamaño (DAP), como el caso de la especie *Ficus* (dos individuos, uno con 430cm), *Enterolobium cyclocarpum* (presentes 16 individuos, de los cuales tres tienen diámetros de 100 a 330cm), *Guazuma ulmifolia* (ocho individuos, de los cuales dos de ellos supera los diámetros de 100cm), *Tabebuia rosea* (de los siete individuos sus diámetros oscilan entre 64 a 200cm), entre otros en diámetros que van de los 100cm hasta 430cm.

Dos especies (*Enterolobium cyclocarpum* y *Ficus* sp.) para Los Llanos presentaron un (AB) superior a los 12m<sup>2</sup>/ha. Asimismo, en Andrómeda fue la *Cedrela odorata* con 4,08m<sup>2</sup>/ha. Las familias con mayor área registrada en Los Llanos fueron Fabaceae, seguido de Moraceae y en Andrómeda fueron las familias Malvaceae y Meliaceae (Cuadro 2).

El área basal es el indicador más heterogéneo del índice de ocupación de espacio. En Los Llanos se encuentra concentrada en solo tres especies (*Ficus* sp., *Guazuma ulmifolia* y *Enterolobium cyclocarpum*). Por este motivo, no

se identifican estratos definidos, siendo el *Enterolobium cyclocarpum* la especie dominante por sus características fisiológicas (i.e. especies de fácil adaptación, persistencia en áreas altamente degradadas, especies de rápido crecimiento y fijadoras de nitrógeno radical). Mientras que en Andrómeda, hay mayor cantidad de estratos de crecimiento basal, lo que se refleja en una mayor homogeneidad (Cuadro 2).

La estructura (ordenamiento horizontal) según los parámetros de abundancia, dominancia y frecuencia, de las especies florísticas identificadas para Los Llanos sobresalen en cuanto a dominancia dos especies: *Enterolobium cyclocarpum* y *Ficus* sp. En Andrómeda se destaca la presencia de más individuos y sobresale *Cedrela odorata* (Cuadro 3).

En relación con el IVI para Los Llanos el *Enterolobium cyclocarpum* es la especie de mayor importancia seguida de la *Bursera simaruba* y para Andrómeda es la *Guazuma ulmifolia* y *Anacardium excelsum*. Dentro de las 10 principales especies según su IVI, cinco de ellas están presentes en ambos sitios con diferente valor de importancia (Cuadro 3).

En cuanto a las familias mejor representadas, la Fabaceae (Caesalpiniaceae, Mimosaceae y Papilionaceae) está presente en mayor cantidad en Los Llanos, en contraposición, la familia Melastomataceae se encontró solamente en el sitio más conservado. La Fabaceae es la familia con el IVF mayor representado en Los Llanos y la Malvaceae está mayormente en Andrómeda. En cuanto a cantidad de familias e individuos, es importante visualizar que, de las 10 principales familias, siete comparten presencia en ambos sitios, lo que muestra una homogeneidad en ambos lugares (Cuadro 4).

Con la aplicación de los índices de biodiversidad, se generan datos donde muestra una diversidad similar

CUADRO 2  
Área basal (m<sup>2</sup>/ha) de las especies y familias en parcelas de 500m<sup>2</sup>, establecidas en Los Llanos y Andrómeda, 2015-2016

Los Llanos		Andrómeda		Los Llanos		Andrómeda	
Especies	Área basal	Especies	Área basal	Familia	Área basal	Familia	Área basal
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	18,62	<i>Cedrela odorata</i>	4,08	Fabaceae Mimosoidea	18,7	Malvaceae	6,5
<i>Ficus</i>	14,71	<i>Pseudobombax septenatum</i>	3,49	Moraceae	15,5	Meliaceae	5,1
<i>Guazuma ulmifolia</i>	10,41	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,96	Malvaceae	10,4	Fabaceae	2,9
<i>Tabebuia rosea</i>	9,87	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	2,63	Bignoniaceae	9,9	Anacardeaceae	2,7
<i>Bursera simaruba</i>	6,25	<i>Anacardium excelsum</i>	2,63	Burseraceae	6,2	Rubiaceae	1,8
<i>Cedrela odorata</i>	4,95	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	1,71	Meliaceae	4,9	Euphorbiaceae	0,9
<i>Andira inermis</i>	4,01	<i>Sapium glandulosum</i>	0,94	Fabaceae Papilionoidea	4	Sapindaceae	0,9
<i>Erythrina berteroana</i>	3,42	<i>Trichilia americana</i>	0,88	Fabaceae	3,4	Moraceae	0,8
<i>Anacardium excelsum</i>	1,79	<i>Thouinidium decandrum</i>	0,55	Anacardeaceae	1,8	Polygonaceae	0,3
<i>Maclura tinctoria</i>	0,81	<i>Chlorophoratinctoria</i>	0,52	Urticaceae	0,8	Burseraceae	0,3

CUADRO 3  
Índices de valor de importancia de las especies (DAP≥10cm) principales en Andrómeda y Los Llanos, 2015-2016

Los Llanos						Andrómeda					
Especies	Número de ind.	Den. Rel. %	Frec. Rel. %	Dom. Rel %	IVI	Especies	Número de ind.	Den. Rel. %	Frec. Rel. %	Dom. Rel %	IVI
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	16	21,05	15,69	24,31	61,05	<i>Guazuma ulmifolia</i>	36	11,84	7,65	12,00	31,49
<i>Bursera simaruba</i>	12	15,79	13,73	8,16	37,67	<i>Anacardium excelsum</i>	37	12,17	8,24	10,64	31,04
<i>Guazuma ulmifolia</i>	8	10,53	9,80	13,60	33,93	<i>Cedrela odorata</i>	16	5,26	5,29	16,53	27,09
<i>Tabebuia rosea</i>	7	9,21	11,76	12,88	33,86	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	21	6,91	4,12	6,92	17,95
<i>Andira inermis</i>	7	9,21	5,88	5,23	20,33	<i>Pseudobombax septenatum</i>	3	0,99	1,76	14,14	16,89
<i>Cedrela odorata</i>	4	5,26	5,88	6,46	17,60	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5	1,64	1,18	10,65	13,47
<i>Erythrina berteroana</i>	3	3,95	3,92	4,46	12,33	<i>Sapium glandulosum</i>	14	4,61	4,71	3,82	13,14
<i>Sapium glandulosum</i>	3	3,95	5,88	0,23	10,06	<i>Trichilia americana</i>	16	5,26	2,94	3,55	11,75
<i>Maclura tinctoria</i>	3	3,95	3,92	1,06	8,93	<i>Chlorophora tinctoria</i>	12	3,95	4,12	2,11	10,17
<i>Ficus sp.</i>	2	2,63	3,92	19,21	25,76	<i>Trichilia martiana</i>	11	3,62	4,71	0,77	9,09

CUADRO 4  
Índices de valor de importancia familiar de las especies leñosas principales (DAP≥10cm) Los Llanos y Andrómeda, 2015-2016

Los Llanos					Andrómeda				
Familias	Número ind.	Den Rel.%	Dom. Rel %	IV F	Familias	Número ind.	Den Rel.%	Dom. Rel %	IV F
Fabaceae Mimosoidea	17	22,37	24,35	57,83	Malvaceae	41	13,49	26,44	47,77
Moraceae	5	6,58	20,27	37,96	Meliaceae	43	14,14	20,97	40,99
Malvaceae	8	10,53	13,60	29,68	Anacardiaceae	46	15,13	11,14	30,20
Burseraceae	12	15,79	8,16	29,50	Rubiaceae	30	9,87	7,49	29,12
Bignoniaceae	7	9,21	12,88	27,65	Fabaceae	14	4,61	11,73	26,14
Fabaceae Papilionoidea	7	9,21	5,23	20,00	Sapindaceae	23	7,57	3,69	21,05
Meliaceae	4	5,26	6,46	17,28	Moraceae	28	9,21	3,30	20,35
Fabaceae	3	3,95	4,46	13,97	Euphorbiaceae	14	4,61	3,85	10,41
Anacardeaceae	2	2,63	2,34	10,53	Burseraceae	11	3,62	1,11	6,68
Euphorbiaceae	3	3,95	0,23	9,73	Polygonaceae	3	0,99	1,23	6,14

en los dos sitios de estudio. De acuerdo con el índice de Shannon (H') y Simpson (Dsi), existe una diversidad media entre los dos; en cuanto a la equitatividad (Pielou), presenta una abundancia homogénea y los índices de similitud Bray-Curtis y Jaccard determinaron una composición similar en cuanto a especies. Entre ambos sitios se comparten 15 familias y 9 especies (Cuadro 5).

Las estimaciones no paramétricas en ambos sitios de estudio muestran que las especies únicas (presentes en una o dos parcelas) tuvieron un porcentaje de 39% y de las *singletons* (especies con un solo individuo) el porcentaje fue de 27% (Andrómeda) y 28% (Los Llanos) (Cuadro 6).

La curva de acumulación de especies mostró que mantienen un patrón ascendente y no presenta una asíntota. Se observa una sobre posición de las curvas en Los Llanos, lo que significa una distribución más aleatoria de las especies. En Andrómeda, se muestra un

CUADRO 5  
Comparación de estimadores de índices de diversidad donde se muestra como resultado la composición de especies entre diferentes comunidades, 2015-2017

Índice	Estimaciones	
	Los Llanos	Andrómeda
Diversidad Shannon-Wiener (H')	2,501	3,322
Dominancia de Simpson (DSi)	0,891	0,947
Equitatividad Pielou (J')	0,865	0,853
Similitud/ disimilitud de Bray-Curtis		0,81
Similitud/disimilitud Jaccard		0,89

distanciamiento muy leve al inicio, lo que podría evidenciar una agrupación de especies raras agrupadas en pocas muestras, finalizando con una sobre posición de la misma. La curva de Coleman se encontró por arriba de

CUADRO 6

Riqueza observada y esperada en cada uno de los sitios de estudios según estimadores no paramétricos, 2017

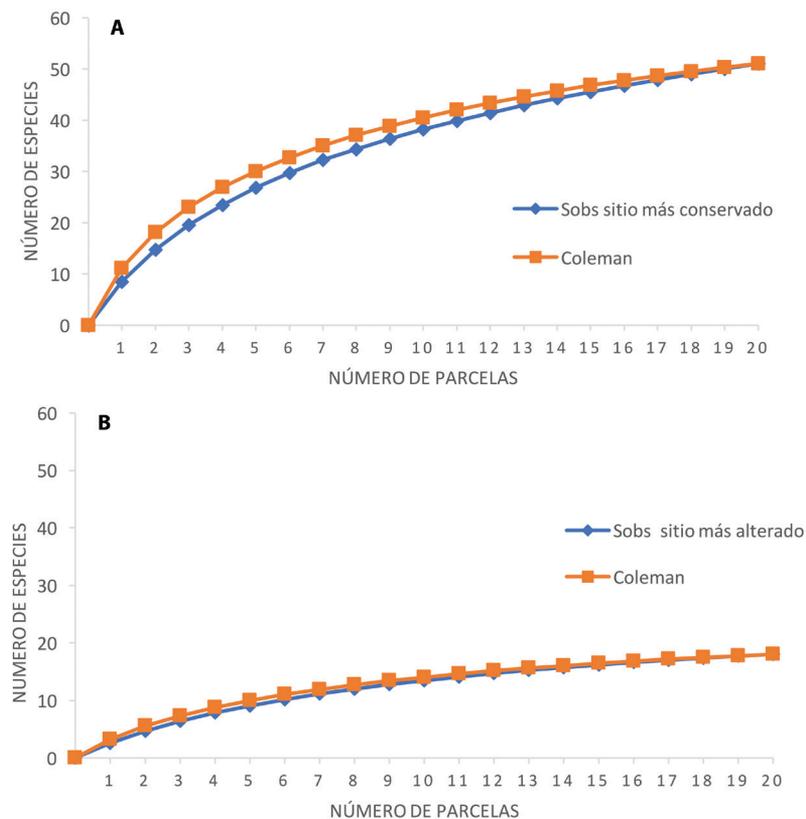
	Sitio más alterado Los Llanos	Sitio más conservado Andrómeda
Cantidad de parcelas	20	20
Especies observadas (Sobservadas)	18	51
Especies únicas	4	9
Singletons	5	14
ACE	23±6,71	72±12,21
ICE	28±5,22	111±17,49
Chao 1	20±5,31	60±12,26
Chao 2	21±5,03	71±15,85
Jackknife 1	23±5,95	70±17,06
Jackknife 2	25±6,85	81±21,41
Bootstrap	21±5,19	59±14,39

la curva de acumulación de especies, indicando que las especies relativamente raras aparecieron en pocas muestras y que están agregadas (Fig. 4a & 4b).

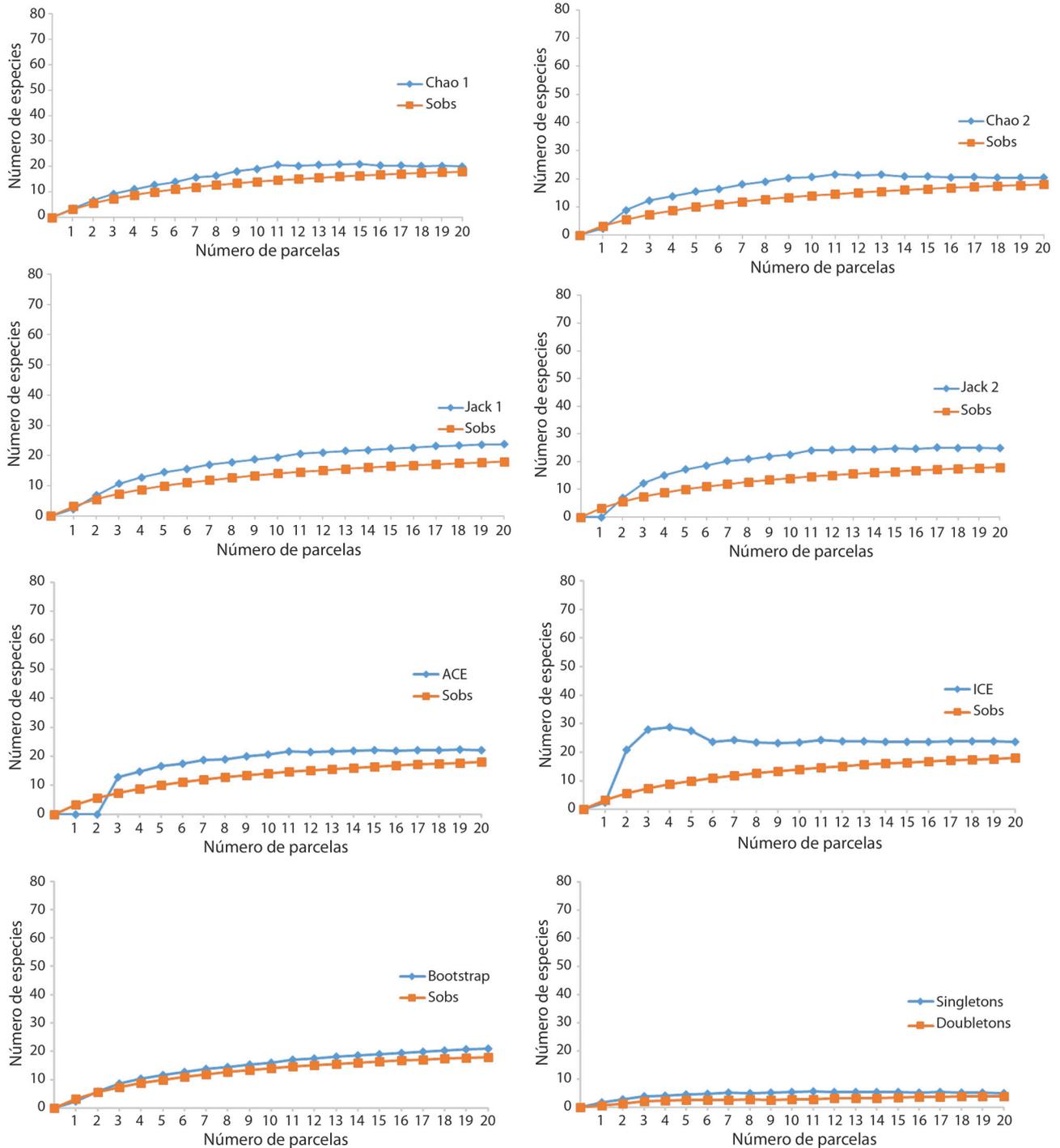
De acuerdo con los estimadores no paramétricos, la curva de acumulación de especies en ambos sitios es muy disímil, en el sitio más alterado la curva que tuvo un crecimiento inicial alto y una asíntota definida fue ICE

(Fig. 5 & 6). La curva *singletons* tendió a declinar en Los Llanos, mientras tanto, en Andrómeda alcanza su asíntota; la *doubletons* no se sobrepone en ninguno de los dos sitios (Fig. 6 & 7).

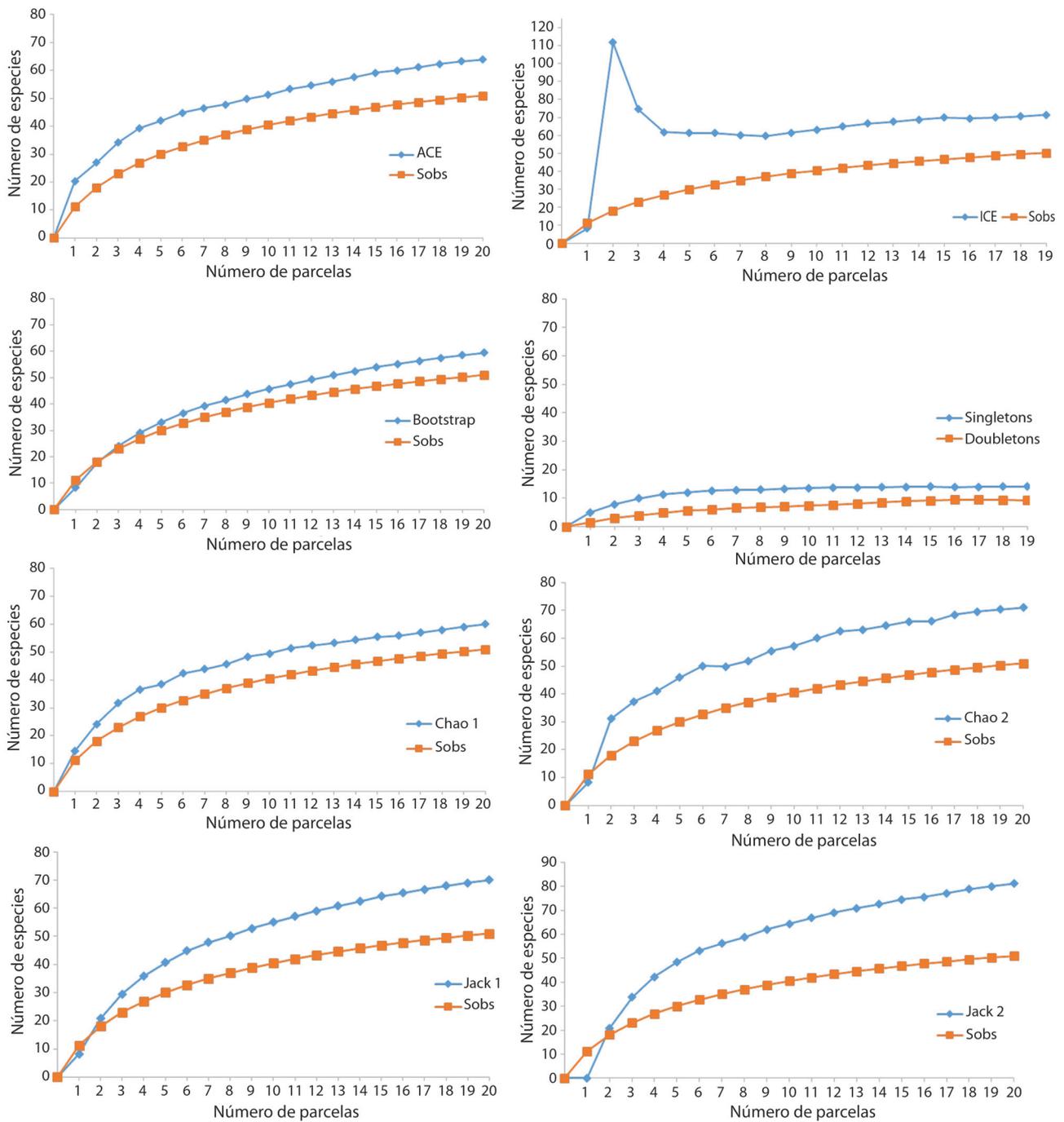
En Los Llanos, el intervalo de riqueza total estimada fue de 20-28 especies; mientras que, en Andrómeda, dicho intervalo fue de 59 a 111 (Fig. 5 & 6). Cuatro estimadores



**Fig. 4.** Curvas de Coleman para explorar el nivel de agregación de las especies de los sitios de estudio, (a) sitio más conservado (Andrómeda) y (b) sitio más alterado alterado (Los Llanos), Alajuela, 2017.



**Fig. 5.** Comparación de curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada por siete estimadores no paramétricos, así como *singleton* y *doubletons* para plantas leñosas con un DAP $\geq$ 10cm, para Los Llanos, Alajuela, 2017. Nota: Sobs = Observaciones.



**Fig. 6.** Comparación de curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada por siete estimadores no paramétricos, *singleton* y *doubletons*, para plantas leñosas con un  $DAP \geq 10\text{cm}$ , Andrómeda, Alajuela, 2017. Nota: Sobs = Observaciones.

(Chao2 y Bootstrap; Jack1 y ACE) en Los Llanos coinciden en un valor de riqueza de 21 y 23 especies para todas las especies agrupadas (Cuadro 5).

## DISCUSIÓN

En diversos estudios sobre la estructura y composición de la vegetación entre dos sitios, se han reportado similitudes en cuanto a su diversidad florística, a pesar de ser sitios muy diferentes (Quisber & Macía, 2005). Igualmente, en la presente investigación, los índices de biodiversidad aplicados dieron como resultado una similitud entre ambos, a pesar de la condición de conservación de una zona y la degradación de la otra (Olivares & Ramos, 2013).

La riqueza de Andrómeda fue de 51 especies de árboles en un área de muestreo de una hectárea, lo cual está dentro del ámbito de 44 a 78 especies por hectárea que estableció Fournier Flores y Rivera (1985) para el Valle Central de Costa Rica (Hernández-Ramírez & García-Méndez, 2015). Al mismo tiempo Hernández y García (2015); mencionan que estos bosques presentan riquezas que varían entre 22 y 105 especies. Los datos obtenidos en el sitio más conservado indican que hay un buen número de especies representadas, autores como Wattenberg, Breckle y Ortizet (1996), Di Stefano, Brenes y Mora (1995) y Cascante y Estrada (2012) refuerzan este dato en sus investigaciones. Asimismo, Vargas (2012); menciona que los bosques humeros premontanos tiene una alta capacidad de resiliencia y pueden recuperarse rápidamente después de un disturbio.

Por otro lado, la composición florística de Los Llanos, presenta una baja riqueza de especies (18 spp), lo que se explica por el uso de suelo durante 32 años (desde 1981), (deforestación, agricultura y ganadería), a partir del 2013 se da una regeneración pasiva.

La composición florística del bosque húmedo premontano transición seca estudiada se asemeja en cuanto a riqueza de especies del bosque seco como por ejemplo en los bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial (Espinosa, Cruz, Luzuriaga, & Escudero, 2012) y en el Parque Nacional Santa Rosa (Guanacaste) se determinaron 56 especies aproximadamente según (Burnham, 1997).

Cascante y Estrada (2012) reportan para el Valle Central 69 especies en bosque húmedo premontano (bh-P) y para el bosque premontano muy húmedo una riqueza 92 spp para la reserva Madre Verde, Palmares, Costa Rica (Rodríguez & Brenes, 2009). También se reportan 94 spp en la reserva biológica Alberto Manuel Brenes,

Wattengerg et al. (1996) y en la zona protectora el Rodeo, se determinó una riqueza promedio de 70 especies por hectárea (Cascante & Estrada, 2012).

A nivel general con respecto a la riqueza de especies reportadas en diferentes investigaciones podemos analizar que la cantidad de especies encontrada es intermedia comparada con bosques más secos y los más húmedos en Costa Rica.

Por otra parte, las especies *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Cedrela odorata* y *Sapium glandulosolum* se encuentran en ambos sitios como especies con mayor IVI, sin embargo, no necesariamente presentan el mismo orden de importancia (Aguirre, 2013). Menciona Stokes (2001) que estas especies se encuentran, por lo general, en fincas agroforestales, debido a que proporcionan follaje y frutos para alimentar el ganado y proporcionar medicinas y alimentos a los propios ganaderos y a la fauna silvestre.

Asimismo, las familias Fabaceae, Moraceae, Malvaceae, Burseraceae, Meliaceae, Anacardiaceae y *Euphorbiaceae* presentan mayor IVF en ambos sitios, a pesar de no encontrarse en el mismo orden de importancia, todas son representativas de la zona de vida bh-P transición seca (Fournier et al., 1985). La abundancia de las familias Fabaceae y Malvaceae sugiere que Los Llanos presenta condiciones para que especies como *Enterolobium cyclocarpum* y *Guazuma ulmifolia* sean consideradas especies dominantes, por su adaptabilidad a condiciones de suelo perturbados, en presencia de contenidos de arcillas y corresponden a especies de rápido crecimiento (Sánchez et al., 2005; Aguirre, 2013).

Las especies con mayor abundancia en Los Llanos (i.e. *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia* y *Bursera simaruba*) son típicas del Valle Central (Fournier et al., 1985). Estas se caracterizan por ser de fácil dispersión (e.g. las dos primeras especies son dispersadas por zoocoría o hidrocoría, mientras que la *Bursera simaruba* por ornitoquiropterocoría), lo cual permite una pronta y fácil colonización de sitios que hayan sido abandonados (CONABIO s.f.; UICN s.f.; CATIE s.f.). Con respecto a estas especies, estudios demuestran que, en general, las fincas ganaderas de América Latina presentan una alta abundancia de estas especies arbóreas, aunque muchas se encuentran en bajas densidades (Guevara, Laborde, & Sánchez; 1998; Harvey & Haber, 1999; Otero-Arnaiz, Castillo, Meave, & Ibarra-Manríquez, 1999; Cajas, & Sinclair, 2001).

En este mismo sitio de estudio, se identificaron especies con DAP $\geq$ 80cm, lo que puede estar asociado a menos presión en cuanto a competencia por nutrientes, agua y espacio (Aguirre, 2013). Otros estudios han

encontrado en sus investigaciones árboles grandes con un  $DAP \geq 100\text{cm}$  (Esquivel, Ibrahim, Harvey, Villanueva, Benjamín, & Sinclair, 2003). Por otro lado, Donoso (1981) describe que el espacio de crecimiento de las especies depende de las características bióticas y abióticas, además, que existe un conjunto de factores que inciden en el crecimiento y se refleja en la densidad.

Ahora bien, otro aspecto importante en cuanto a la composición y estructura es la dominancia de las especies, se identificó que, de las tres especies representativas de Andrómeda solamente *Guazuma ulmifolia* presenta dominancia en Los Llanos. Esta especie se caracteriza por ser de fácil adaptación a suelos vertisoles, crecen en suelos perturbados, son de rápido crecimiento, son recuperadores de terrenos degradados, comunes en áreas húmedas y secas, proporcionan sombra y refugio a fauna (CONABIO, s.f.), son especies importantes para procesos de restauración ecológica.

Los resultados de los índices de biodiversidad aplicados en los dos sitios de estudio nos indican en términos generales que la composición de las especies es similar, o sea podemos encontrar las mismas especies ambos lugares (se comparten 15 familias y nueve especies). Con la generación de estos datos podemos tomar como base las especies identificadas para realizar procesos de restauración ecológica en el sitio más degradado (Cabrera-Condarco, 2005; Quisbert & Macía, 2005; Dzib, Chanatásig, & González, 2014).

La aplicación de los índices de diversidad se utiliza para hacer comparaciones en donde no se conoce el número total de especies y para áreas más grandes (Ponce, Mehlreter, & Elías, 2002). Además, la obtención de estos índices da pie para conocer el estado actual de ambos lugares y sus datos sirven para monitorear y darle seguimiento a los procesos de restauración (González, Avella, & Díaz, 2015)

En cuanto a la distribución espacial, la curva de acumulación de especies presenta una diferencia entre la curva Coleman y la de todos los individuos observados. Muestra relativamente una mayor sobreposición, lo que señala una distribución más aleatoria de las especies para ambos sitios (López & Williams, 2006).

En Andrómeda, se mostró que en la curva de acumulación de especies se da un distanciamiento al inicio y finaliza con una sobreposición, lo que significa que al inicio hay una agregación de especies y termina con una distribución más azarosa. A diferencia de Los Llanos, donde ambas curvas están sobrepuestas, significando más aleatoriedad de las especies. Esta diferencia se marca por la abundancia de especies en cada sitio de estudio.

Por otro lado, las curvas de acumulación de ambos sitios no muestran su asíntota definida, lo que podría significar que se requiere aumentar el esfuerzo de muestreo, sin embargo, Romero-Saltos, Valencia y Macía (2001) y Duivenvoorden et al. (2001) mencionan que una mayor intensidad de muestreo no asegura la estabilidad de la curva especies-área, sugiere que la diversidad local del área es mayor a la encontrada. En la evaluación de los estimadores no paramétricos, se compara el comportamiento de la curva de acumulación de especies de Chao 1 y 2, ACE, ICE, Jackknife 1 y 2 (Chazdon, Colwell, Denslow, & Guariguata, 1998), con el fin de estimar el número de especies esperadas para ambos sitios de estudio (Palacios, Mendoza, Lozano, & Yaguana, 2017).

Con respecto al comportamiento general de los estimadores no paramétricos, se puede observar que, para Los Llanos, se muestra un distanciamiento menor entre sus curvas, lo que evidencia más aleatoriedad de las especies. En Andrómeda, se observa un distanciamiento mayor, lo que significa una agrupación de las especies. Se considera que, si aumenta la agregación, también aumenta la presencia de las especies en una sola muestra. Esto se podría relacionar también con el hecho de que en Andrómeda hubo mayor porcentaje de especies únicas y una densidad de especies menor que en el sitio más perturbado (López & Williams, 2006).

En Los Llanos, se encontró que el estimador ICE tiene una tasa inicial alta y con asíntota definida. Para Andrómeda ICE y Chao2 muestran ambas características. Los mejores estimadores de riqueza son los que presentan curvas de acumulación con un crecimiento inicial rápido y alcanzan una asíntota definida (Gimaret-Carpentier, Pélissier, Pascal, & Houllier, 1998; Skov & Lawesson, 2000; Longino, Coddington, & Colwell, 2002). De ahí que se da una estimación para el sitio más conservado de 71-111 especies y en el más alterado una estimación de 28 especies.

Debido a la historia de degradación que ha presentado Los Llanos, no es posible conocer las características vegetativas iniciales. Cabe mencionar que la distancia a la cual se encuentra el sitio más conservado es considerable y por ello la accesibilidad a fuentes semilleras es muy limitada.

Para concluir, es importante tener presente que la generación de estos datos contribuyen al conocimiento sobre el ecosistema y proporcionan información base para la implementación de procesos de restauración ecológica (Rodríguez & Brenes, 2009; Cascante & Estrada, 2001, 2012; Di Stefano et al., 1995; Fournier, 1998). El bh-P transición seca es el más alterado y reducido en Costa Rica (Fournier, 1985; Hartshorn, 1991), en los últimos años la

pérdida de este ha sido más evidente. Este estudio generó información sobre especies presentes y ausentes en la transición de esta zona de vida, proporcionando una base importante para próximas investigaciones.

Por tanto, a raíz de los resultados de la investigación, se da respuesta a la hipótesis planteada: la estructura y composición de la vegetación arborescente difiere entre sitios alterados por deforestación y ganadería y sitios conservados, los diversos índices de biodiversidad aplicados indican que hay una similitud entre ambos sitios en cuanto a composición, pero no son homogéneos y en su estructura es muy diferente, por lo tanto, se acepta la hipótesis ya que ambos sitios difiere uno del otro.

Al mismo tiempo, la estructura florística muestra una diferencia un poco más notoria asociada a la perturbación y conservación respectiva de cada sitio, lo cual ha permitido que para el sitio de control exista una mayor diversidad de especies, presentando una mayor abundancia de individuos, especies, géneros y familias, esto responde al objetivo de la entidad propietaria, a saber, el SINAC. Los Llanos presenta características de uso de suelo histórico producto de la actividad agropecuaria, propiciando la degradación de este ecosistema, presenta en menor cantidad individuos, especies, géneros y familias.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó como parte de los requisitos para que la autora adquiriera la Maestría en Manejo de Recursos Naturales de la Universidad Estatal a Distancia, para optar por el grado de *Magister Scientiae* con énfasis en Biodiversidad. Wilmar Ovarés Villalobos tradujo el resumen en inglés. Un especial agradecimiento a Johnny Villarreal Orias, Oscar Chacón Chavarría y Rosita Ulate, por sus aportes y comentarios.

## REFERENCIAS

- Aguirre, Z. (2013). *Guía de Métodos para Medir la Biodiversidad*. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., ... Villarreal, H., (2006). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. En C. M. Villa-G. (Ed.), *Manual de Métodos Para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad* (pp. 185-226). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Amador, S. (2003). *Principales problemas ecológicos derivados del crecimiento demográfico y la urbanización*. Serie: *Problemas ecológicos*, No 4. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Bawa, K. S., & McDade, L. (1994). The plant community: composition, dynamics, and life-history processes. En L. McDade, K. S. Bawa, H. A. Hespenheide, & G. S. Hartshorn (Eds.), *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest* (pp. 68). Chicago, Illinois: The University of Chicago.
- Bergoeing, J., & Protti, M. (1997). *Atlas Geomorfológico de Costa Rica, escala 1:350000*. San José, Costa Rica: ICE,UCR.
- Burnham, R. J. (1997). Stand characteristics and leaf litter composition of a dry forest hectare in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *Biotropica*, 29, 384-395.
- Cabrera-Condarco, W. H. (2005). Diversidad florística de un bosque montano en los Andes tropicales del noroeste de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 40(3), 380-395.
- Cajas-Jiron, Y., & Sinclair, F. (2001). Characterization of multistrata sivopastoral system on seasonally dry pastures in the Caribbean region of Colombia. *Agroforestry Systems*, 53, 215-225. DOI: 10.1023/A:1013384706085
- Caranqui, J., Lozano, P., & Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(1), 33-39. DOI: 10.29019/enfoqueute.v7n1.86
- Cárdenas-Torres, M. A. (2014). Estudio comparativo de la composición florística, estructura y diversidad de fustales en dos ecosistemas del campo de producción 50k cpo-09, Llanos del Orinoco colombiano. *Colombia forestal*, 17(2), 203-229.
- Cascante, A., & Estrada, A. (2012). Diversidad y composición del fragmento más importante de bosque premontano del Valle Central de Costa Rica. *Rev. Brenesia*, 77,57-70, San José, Costa Rica.
- Cascante, A., & Estrada, A. (2001). Composición florística y estructural de un bosque húmedo premontano en el Valle Central de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 213-225.
- Chazdon R.L., Colwell R.K., Denslow J.S., & Guariguata M.R. (1998). Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest of northeastern Costa Rica. En F. Dallmeier & J. A. Comiskey (Eds.), *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modelling* (pp. 285-309). Paris, France: The Parthenon Publishing Group.
- Di Stefano, J., Brenes, L., & Mora, V. (1995). Composición florística y estructura de un bosque primario del piso premontano pluvial, en San Ramón, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 43(1-3), 67-73.
- Donoso, C. (1981). *Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente*. Chile: Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile.

- Dueñas A., Betancur, A., & Galindo, R. (2007). Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del Parque Nacional Natural Catatumbo Barí, Colombia. *Colombia Forestal*, 10(20), 26-35.
- Duivenvoorden, J.F., Balslev, H., Cavelier, J., Grandez, C., Tuomisto, H., & Valencia, R. (Eds.). (2001). *Evaluación de recursos vegetales no maderables en la Amazonía noroccidental*. Amsterdam, Holanda: IBED, Universiteit van Amsterdam.
- Dzib-Castillo, B., Chanatásig-Vaca, C., & González-Valdivia, N.A. (2014). Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 167-178. DOI: 10.7550/rmb.38706
- Espinosa, C.I., De la Cruz, M., Luzuriaga, A.L., & Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2), 167-179.
- Esquivel, H., Ibrahim, M., Harvey, C.A., Villanueva, C., Benjamin, T., & Sinclair, F. (2003). Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 24-29.
- Fournier, L.A. (1991). Esbozo Fitogeográfico de Costa Rica. En M. Montiel-Longhi (Ed.), *Introducción a la Flora de Costa Rica* (pp. 19-36). San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Fournier, L.A. (1998, octubre). Fragmentos de bosque y corredores biológicos. In Academia Nacional de Ciencias. *Memoria de Simposio de Conservación del Bosque en Costa Rica* (pp. 117-130). Academia Nacional de Ciencias, Heredia, Costa Rica.
- Fournier, L., Flores, E., & Rivera, D. (1985). *Flora arborecente del Valle Central de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Jiménez y Tanzi.
- Gann, G.D., & Lamb, D. (2006). *La restauración ecológica: un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida* (versión 1.1.). Tucson, Arizona: Society for Ecological Restoration International.
- Garibello, J. (2003). *Restauración de Ecosistemas a partir del manejo de la vegetación, Guía Metodológica*. Bogotá, Colombia: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Gimaret-Carpentier, C., Péliissier, R., Pascal, J.P., & Houllier, F. (1998). Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. *Journal of Vegetation Science*, 9, 161-172. DOI: 10.2307/3237115
- González, R., Avella, A., & Díaz, J. (2015). Plataformas de monitoreo para vegetación: Toma de y análisis de datos. En M. Aguilar-Garabito & W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicados a ecosistemas terrestres* (pp. 87-107). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Gotelli, N.J., & Colwell, R.K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4, 379-391. DOI: 10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x
- Guevara, S., Laborde, J., & Sánchez, G. (1998). Are isolated trees in pastures a fragmented canopy? *Selbyana*, 19(1), 34-43.
- Hartshorn, G.S. (1991). Plantas. En D.H. Janzen (Ed.), *Historia Natural de Costa Rica* (pp. 118-183). San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Harvey, C.A., & Haber, W.A. (1999). Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*, 44, 37-68 . DOI: 10.1023/A:1006122211692
- Hernández-Ramírez, A.M., & García-Méndez, S. (2015). Diversidad, estructura y regeneración de la selva tropical estacionalmente seca de la Península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 603-616. DOI: 10.15517/rbt.v63i3.16532
- Londoño Lemos, V., & Torres González, A.M. (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia). *Colombia Forestal*, 18(1), 71-85
- Longino, J., Coddington, J.A., & Colwell, R.K. (2002). The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness in three different ways. *Ecology*, 83(3), 689-702. DOI: 10.1890/0012-9658(2002)083[0689:TAFOAT]2.0.CO;2
- López-Gómez, A.M., & Williams-Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78, 7-15.
- Mori, S., Boom, B., de Carvalho, B., & Dos Santos, T. (1983). Southern Bahian moist forest. *The Botanical Review*, 49(2), 155-232.
- Meave, J.A., Romero-Romero, M.A., Salas-Morales, S.H., Pérez-García, E.A., & Gallardo-Cruz, J.A. (2012). Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2), 85-100.
- Meneses-R. O.E., & Armbrrecht, I. (2018). Índice de intensificación agrícola y conservación vegetal en bosques y cafetales colombianos con diferentes estrategias de manejo/ Agricultural intensification index and plant conservation in forests and Colombian coffee plantations under different management strategies. *Caldasia*, 40(1), 161-176. DOI: 10.15446/caldasia.v40n1.61284
- Muñoz, J., Erazo, S., & Armijos, D. (2017). Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental "El Chilco" en el suroccidente del Ecuador. *Cedamaz*, 4(1), 53-61.
- Olivares-López, L.A., & Ramos-Prado, J.M. (2013). Estructura y composición arbórea de un fragmento de bosque mesófilo de montaña en el estado de Veracruz. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(1), 91-101.

- Otero-Arnaiz, A., Castillo, S., Meave, J., & Ibarra-Manríquez, G. (1999). Isolated pasture and the vegetation under their canopies in the Chiapas coastal plain, México. *Biotrópica*, 31(2), 243-254. DOI: 10.1111/j.1744-7429.1999.tb00136.x
- Palacios, B., Mendoza, Z.A., Lozano, D., & Yaguana, C. (2017). Riqueza, estructura y diversidad arbórea del bosque montano bajo, Zamora Chinchipe-Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 6(2), 104-117.
- Ponce, M., Mehltreter, K., & Elías, R. (2002). Análisis biogeográfico de la diversidad pteridofítica en Argentina y Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75(4), 703-717. DOI: 10.4067/S0716-078X2002000400006
- Quisbert, J., & Macía, M.J. (2005). Estudio comparativo de la composición florística y estructura del bosque de tierra firme en dos sitios de tierras bajas de Madidi. *Ecología en Bolivia*, 40(3), 339-364.
- Ramírez-Lozano, R.G., Domínguez-Gómez, T.G., González-Rodríguez, H., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M.V., Sarquís-Ramírez, J.I., & Jurado, E. (2013). Composición y diversidad de la vegetación en cuatro sitios del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 19(2), 59-72. DOI: 10.21829/myb.2013.192340
- Rodríguez, C., & Brenes, L. (2009). Estructura y composición de dos remanentes de bosque premontano muy húmedo en la reserva Madre Verde, Palmares, Costa Rica. *Revista Pensamiento actual*, 9(12-13), 117- 124.
- Romero-Saltos, H., Valencia, R., & Macía, M. (2001). Patrones de diversidad y rareza de plantas leñosas en el Parque Nacional Yasuni y la Reserva Étnica Huaorani, Amazonia Ecuatoriana. En J. F. Duivenvoorden, H. Balslev, J. Cavelier, C. Grandez, H. Tuomisto, & R. Valencia (Eds.), *Evaluación de Recursos no Maderables en la Amazonia Noroccidental* (pp. 131-162). Amsterdam, Holanda: IBED, Universiteit van Amsterdam.
- Sánchez, A. (2001). Medida y estructura interna del sentimiento de comunidad: un estudio empírico. *Revista de Psicología Social*, 16 (2), 157-175.
- Sánchez, D., Harvey, C.A., Grijalva, A., Medina, A., Vilchez, S., & Hernández, B. (2005). Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Revista de Biología Tropical*, 53(3-4), 387-414. DOI:10.15517/rbt.v53i3-4.14601
- SER (Society for Ecological Restoration International). (2004). *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*. Grupo de trabajo sobre ciencia y política, Tucson, Arizona: Society for Ecological Restoration International.
- Skov, F., & Lawesson, J.E. (2000). Estimation of plant species richness from systematically placed plots in a managed forest ecosystem. *Nordic Journal of Botany*, 20,477-483. DOI: 10.1111/j.1756-1051.2000.tb01592.x
- Stokes, L.K. (2001). *Farmers' knowledge about the management and use of trees on livestock farms in the Cañas area of Costa Rica* (master's thesis). University of Wales Bangor, U. K.
- Trombulak, S., Omland, K., Robinson, J., Lusk, J., Fleischner, T., Brown, G., & Domroese, M. (2004). Recommended guidelines for conservation literacy from the education committee of the Society for Conservation Biology. *Conservation Biology*, 18(5), 1180-1190. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2004.01851.x
- Vargas, O., Díaz, J.E., Reyes, S.P., & Gómez, P.A. (2012). *Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. Recuperado de [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadYServiciosEcosistemas/pdf/plan\\_nacional\\_restauracion/Anexo\\_8\\_Guias\\_Tecnicas\\_Restauracion\\_Ecologica\\_2.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadYServiciosEcosistemas/pdf/plan_nacional_restauracion/Anexo_8_Guias_Tecnicas_Restauracion_Ecologica_2.pdf).
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 211 -246.
- Wattenberg, I., Breckle, S., & Ortiz, R. (1996). La diversidad de especies arbóreas y la estructura de un bosque muy húmedo premontano en la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes. *Rev. Pensamiento Actual*, 2(2), 11-19.