



Figura V:10. Vegetación secundaria arbustiva sitio 5

V.6.1 Metodología

La descripción de la vegetación en el predio se llevó a cabo mediante un levantamiento de sitios de muestreo, el cual utiliza una cuadrícula fija o una matriz para asignar las muestras en un patrón regular; en este caso, se utilizó la herramienta Hawth's Analysis Tool de ArcGis y se definió un espaciamiento de 100 metros al noroeste y 80 metros al sureste. Dichas distancias son recomendadas para inventarios cuya superficie se sitúa entre 5 y 50 hectáreas⁴⁷.

El objetivo de este tipo de muestreo es cubrir el conjunto de la población de la manera más uniforme posible. Cabe mencionar que un muestreo sistemático maximiza la distancia entre parcelas y, por lo tanto, minimiza la correlación espacial entre observaciones, incrementando así la eficacia estadística⁴⁸, además es fácil de llevar a campo, está menos expuesto a errores de selección y puede proporcionar mayor información por unidad de costo (Navarro Óp. Cit.).

⁴⁷ Rondeux J. 2010. Medición de árboles y masas forestales. Mundipresna, Barcelona, España.

⁴⁸ McRoberts E. Ronald, Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales

Ahora bien, el esfuerzo de los sitios se determinó mediante un modelo estadístico que se basa en la estimación de un coeficiente de variación a partir de determinación del error (); para lo que se realizaron pruebas piloto. El modelo estadístico empleado se basó en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}}$$

Donde:

n : Número de unidades de muestreo

E : Error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro

t : Valor que se obtiene de las tablas de “t” de Student, $t=0.05$.

N : Total de unidades de muestreo en toda la población.

CV : Coeficiente de variación descrito en el **Cuadro V:2**, el predio presenta baja cobertura rocosa en la superficie dado que la distancia entre los afloramientos rocosos es menor a 20 metros.

Cuadro V.2 Esfuerzo de muestreo en el sitio

Concepto	Resultados
Sitios levantados	12
Error de muestreo establecido	5%
Coeficiente de Variación (%)	5.97
t-valor (n-1) para 0.05 alfa (95% de confiabilidad)	1.7959
Tamaño de muestra mínima	12

De esta manera, se obtuvieron 12 sitios circulares de muestreo para el predio, con error de 5% y niveles de confianza de 95%, con una intensidad de muestreo del 5.5%.

El levantamiento de la vegetación consistió en la identificación de un punto de muestreo, dicho punto sirvió como centro de tres áreas circulares. El punto inicial se ubicó con dirección al norte, a partir de éste se marcaron los individuos a favor de las manecillas del reloj, del mismo modo para el resto de los sitios.

La primera área (500 m²) tuvo como objetivo registrar las características dasométricas del arbolado con diámetro normal mayor o igual a 10 cm; en una radio de 12.6 m. Mientras que, en la segunda área, con superficie de 100 m² y radio de 5.64 m, el objetivo principal fue registrar la regeneración natural del predio; es decir, los individuos con diámetro normal mayor o igual a 5 y menores a 10 cm. Finalmente, la tercera área consistió en registrar las especies con diámetros menor o igual a 5 cm, también llamados brinzales en una superficie de 5 m² y radio de 1.26 m.

En cada uno de los sitios se registró el número de especies, el número de individuos y la cobertura. Luego, se calcularon por estrato los atributos que definen la estructura biológica de una comunidad (Riqueza de especies, abundancia, densidad, dominancia y frecuencia). Posteriormente, se obtuvo el índice de riqueza específica Margalef; el índice de diversidad de Simpson, el índice de equidad y diversidad de Shannon-Wiener y el Índice de Valor de Importancia (IVI) para cada especie y grupo. En el capítulo IV, se detalla el cálculo para cada uno de los índices estimados y metodología del levantamiento de vegetación.

A continuación, se presenta en la **Figura V:11** un plano con la ubicación de los sitios de muestro realizados en el área de estudio y en el **Cuadro V:3** sus respectivas coordenadas.

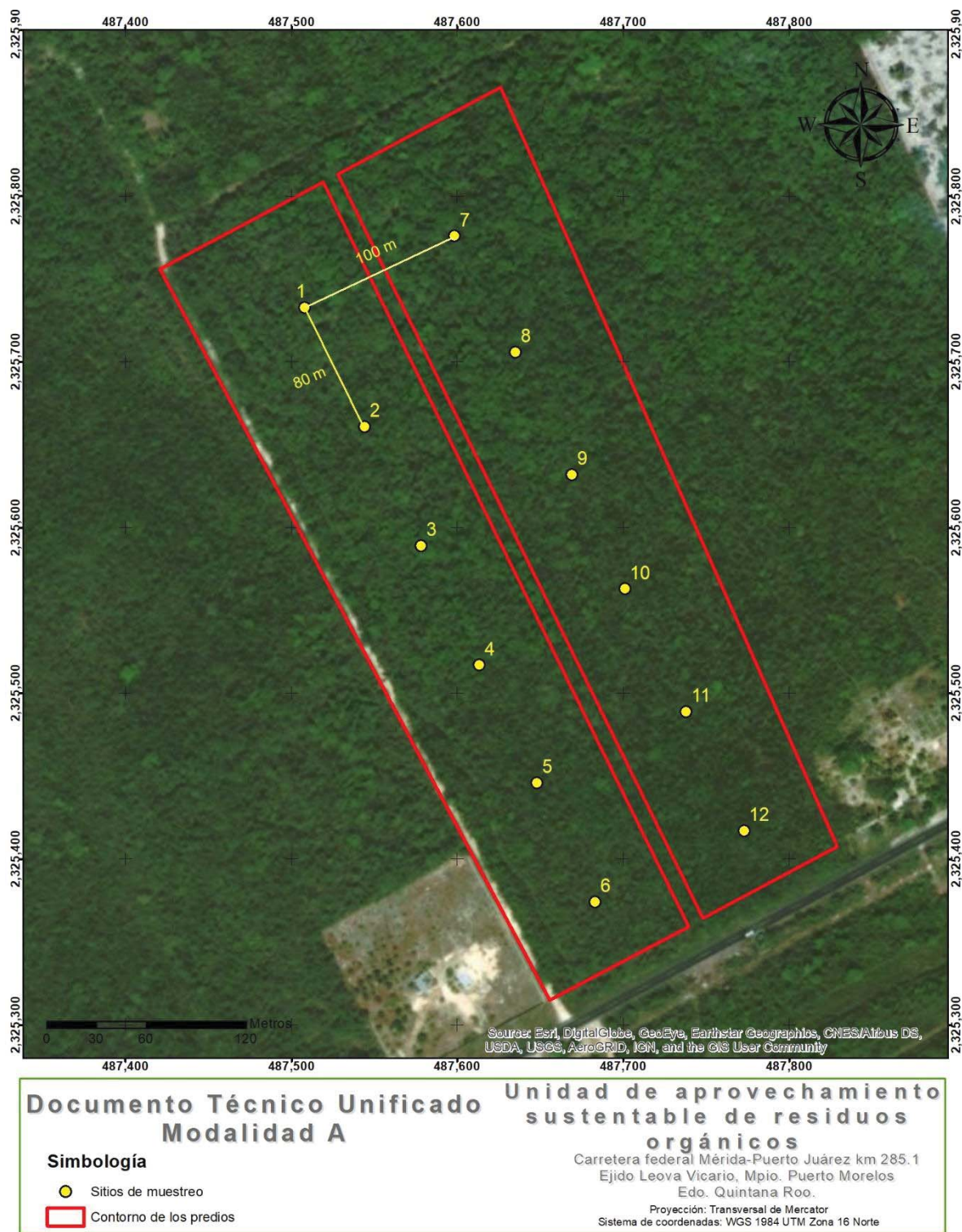


Figura V:11. Distribución de sitios de muestreo de vegetación en los predios.

Cuadro V.3 Coordenadas de los sitios de muestreo

Sitio	X	Y
1	487,508	2,325,733
2	487,544	2,325,661
3	487,578	2,325,589
4	487,613	2,325,517
5	487,648	2,325,446
6	487,683	2,325,374
7	487,598	2,325,776
8	487,635	2,325,706
9	487,669	2,325,632
10	487,701	2,325,563
11	487,738	2,325,489
12	487,773	2,325,417

V.6.2 Resultados

V.6.2.1 Riqueza

La medida más simple de la estructura de las comunidades vegetales es la riqueza; la cual se define como el recuento del número de especies que existen dentro de ella (Smith y Smith, Op. Cit.). En el predio en cuestión se encontraron un total de 42 familias, 79 géneros y 89 especies, de las cuales 15 corresponden a las vistas, pero no registradas en los sitios de muestreo (marcadas con un asterisco en el listado florístico). En los distintos sitios de muestreo se registraron 74 especies, 65 géneros y 38 familias.

La familia Leguminosae fue la mejor representada con 10 géneros y 12 especies, seguido de la Rubiaceae con 5 géneros y 6 especies. (**Figura V:12**). El **Anexo 17** presenta el listado florístico del predio.

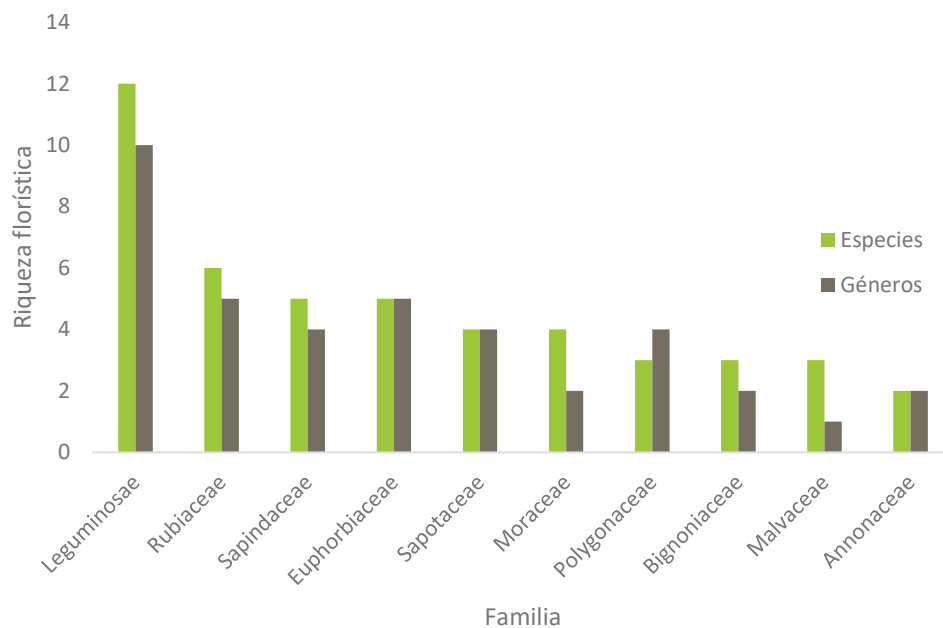


Figura V:12. Composición florística de los sitios de muestreo del predio.

Dentro del predio se encontraron dos especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Thrinax radiata* (Palma Chit) en categoría de amenazada y *Zamia loddigesii* también en categoría de amenazada.

Con respecto a la forma de vida de las especies encontradas en el predio, el 70% son árboles, el 8% son arbustos, el 13% son bejucos, el 3% son palmas, el 6% son herbáceas y las orquídeas y epífitas representan el 1%. En la **Figura V:13** se presenta un gráfico con las formas de vida registradas.

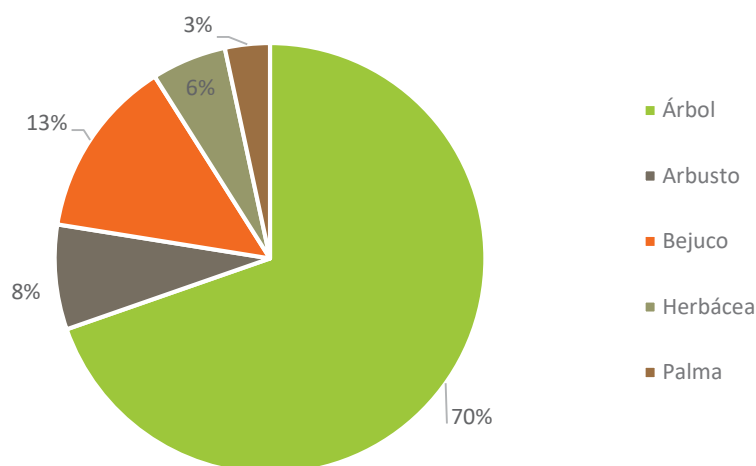


Figura V:13. Formas de vida registradas en el predio.

V.6.2.1.1 Abundancia por estrato

Estrato arbóreo

La especie más abundante del estrato arbóreo es *Lysiloma latisiliquum* (Tzalam) representando el 16% de la población, seguido por *Bursera simaruba*, comúnmente conocida como Chacah, representando el 14%, *Metopium brownei* (14%), y *Coccoloba spicata* (13%) (**Figura V:14**).

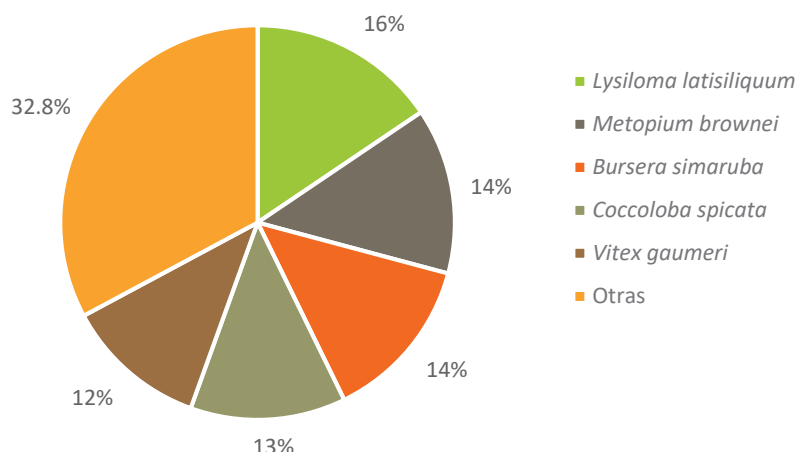


Figura V:14. Abundancia de especies en el estrato arbóreo

Estrato arbustivo

Bursera Simaruba es la especie más abundante del estrato arbustivo, representando el 16% de la población total. Otras especies que representan el estrato, pero son menos abundantes son *Dendropanax arboreus*, *Nectandra coriacea*, *Coccoloba spicata*, y *Lysiloma latisiliquum* (**Figura V:15**).

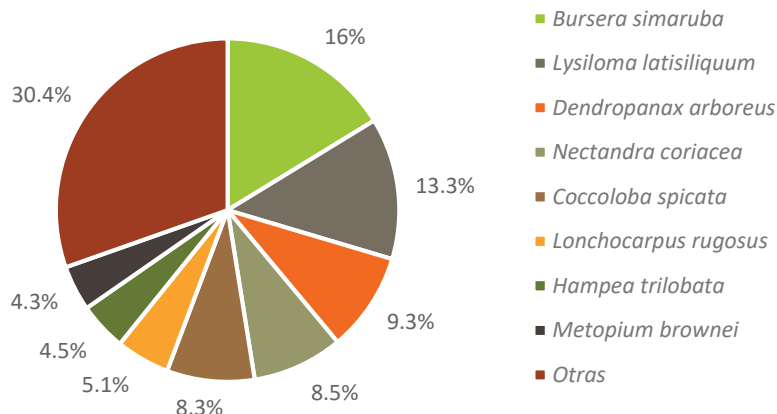


Figura V:15. Abundancia de especies en el estrato arbustivo.

Estrato herbáceo

Este estrato está representado en su mayoría por *Nectandra coriácea*, *Lasiacis divaricata*, *Cissus verticillata*, *Zygia cognata* y *Coccoloba spicata*, con porcentajes de 22%, 12.5%, 5%, 4.2% y 3.8% respectivamente, lo anterior, puede visualizarse en la **Figura V:16**.

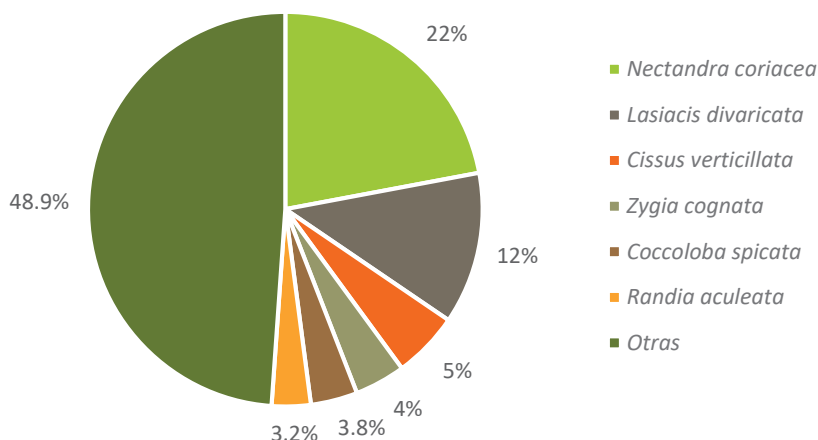


Figura V:16. Abundancia de especies en el estrato herbáceo

En el **Anexo 18** se presenta el cálculo de la abundancia y densidad por estratos en el predio.

V.6.2.2 Índices de Valor de Importancia (I.V.I)

El I.V.I presenta las especies con la mayor frecuencia, dominancia y densidad, en un determinado sitio, definiendo aquellas especies que contribuyen en el carácter y estructura del ecosistema. En el estrato arbóreo, el valor más alto lo presentó *Lysiloma latisiliquum* con 48.68%. Las siguientes especies con IVI alto fueron *Vitex gaumeri*, *Metopium brownei*, *Bursera simaruba*, *Coccoloba spicata*, y *Dendropanax arboreus*, como se muestra en la **Figura V:17**. En el **Anexo 19** se presentan la estimación del IVI para cada especie del estrato arbóreo.

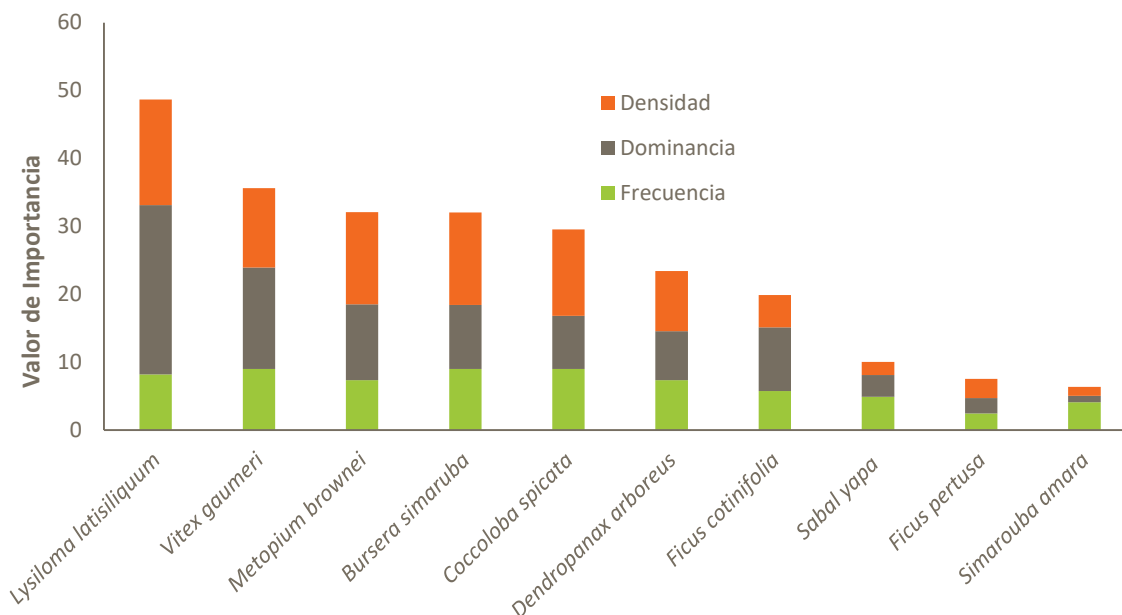


Figura V:17. Especies del estrato arbóreo con el Índice de Valor de Importancia más alto.

Por otra parte, las especies con el I.V.I más alto en el estrato arbustivo corresponden a las especies con mayor frecuencia, dominancia y densidad, en este caso *Bursera Simaruba* (Chacah) es la especie con mayor IVI, con un valor de 42.46, seguido de *Lysiloma latisiliquum* con 28.91, *Dendropanax arboreus* con 25.47, *Coccoloba spicata* con 24.87, *Nectandra coriacea* con 24.15 y como se muestra en la **Figura V:18**. En el **Anexo 20** se presenta el IVI para cada especie de este estrato.

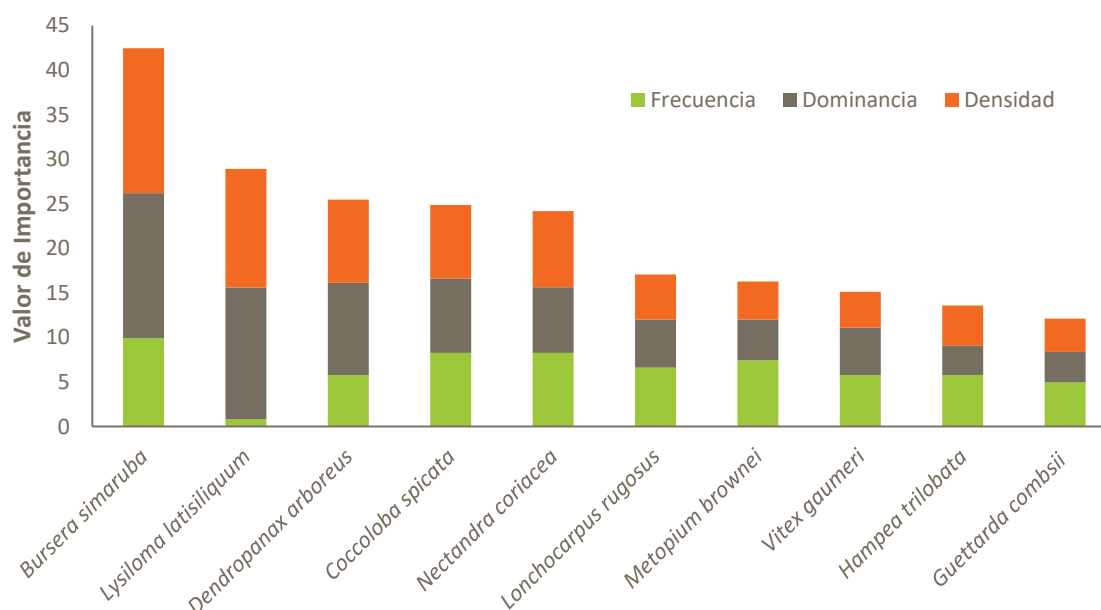


Figura V:18. Especies del estrato arbustivo con el Índice de Valor de Importancia más alto.

Finalmente, en el estrato herbáceo, *Nectandra coriacea* es la especie que presenta mayor índice de Valor de Importancia, teniendo un valor de 40.12. Otras especies con alto IVI fueron *Chiococca alba*, *Vitis bourgaeana*, *Dalbergia glabra*, y *Lasiacis divaricata*. Ésta última presentando la más alta dominancia (**Figura V:19**). En el **Anexo 21** se presenta la estimación para cada una de las especies del estrato herbáceo.

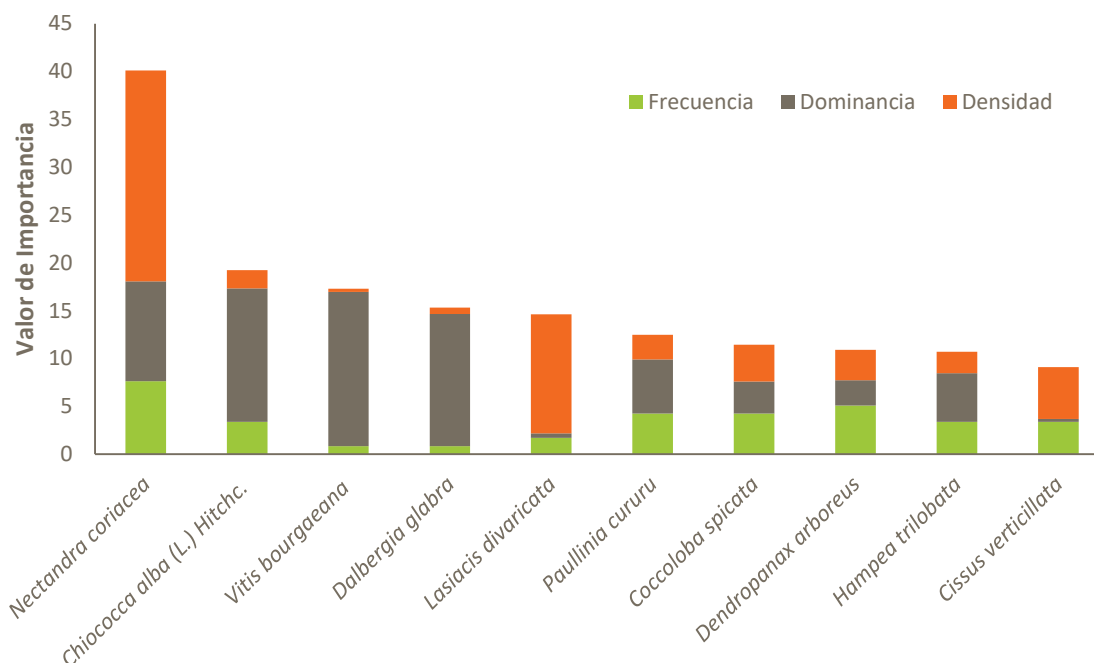


Figura V:19. Especies del estrato herbáceo con el Índice de Valor de Importancia más alto.

V.6.2.3 Índices de diversidad

Los índices de diversidad Shannon y Simpson nos indican que el estrato herbáceo es el más diverso de los tres; en contraste el estrato arbóreo es el menos diverso (**Cuadro V:4**). Con respecto a la riqueza, el estrato herbáceo también presenta el mayor número de especies (54), mientras que el estrato arbustivo y arbóreo presenta menor riqueza, con 34 especies. Lo anterior es debido a que el estrato arbóreo está compuesto por especies con estrategia de reproducción K; es decir tienen ciclo de vida largo, presentan alta natalidad y mortalidad, desarrollándose en competencia por lo tanto solo sobreviven los individuos más aptos. La principal competencia en las selvas es por la luz, por lo cual en el estrato arbóreo solo sobreviven las especies pioneras.

En contraste, las especies del estrato herbáceo principalmente son especies con estrategias r, es decir de ciclo corto, y especies tolerantes a la sombra, por lo cual son beneficiadas por el dosel de los árboles superiores, generando alta diversidad de especies.

Cuadro V:4. Indicadores de diversidad y riqueza en el predio.

Estrato	Abundancia	Riqueza	Índice de diversidad Simpson	Índice de Shannon-Wiener (H')	Equidad de Shannon	Índice de Margalef
Herbáceo	313	54	0.92	3.21	0.80	9.22
Arbustivo	375	34	0.92	2.84	0.80	5.57
Arbóreo	463	34	0.90	2.58	0.73	5.38

Finalmente, en el **Anexo 22, Anexo 23 y Anexo 24** se presentan los cálculos para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, respectivamente.

V.6.2.4 Dimensiones de la comunidad.

En la **Figura V:20** se muestran las clases de altura registradas en el predio, se observa que la clase 10 es la que presenta mayor número de individuos con 413, seguido de la clase 2.5 y 12.5 con 253 y 210 individuos respectivamente. El individuo que presentó mayor altura fue *Vitex gaumeri* con 19 metros.

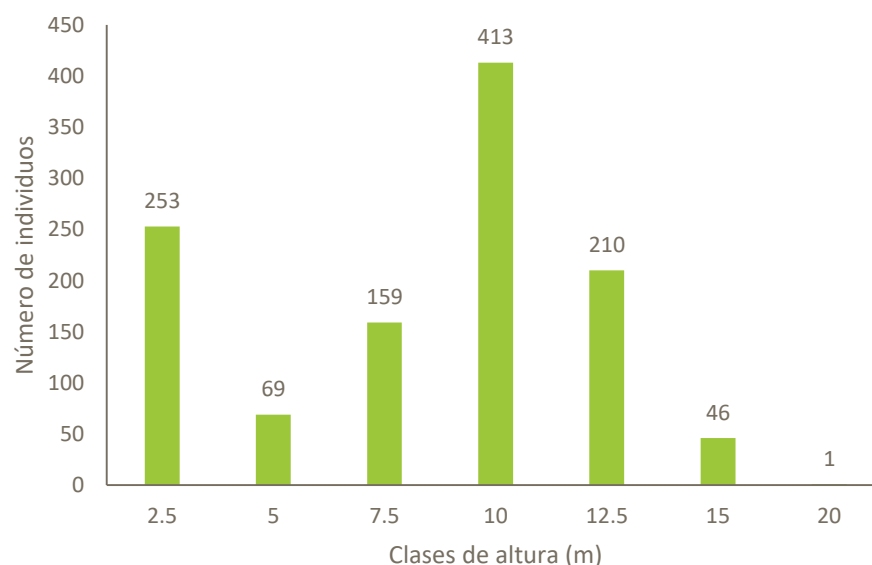


Figura V:20. Clases de altura registradas en el predio.

Respecto a las clases diamétricas en la **Figura V:21**, se aprecia que la categoría más representativa del predio es la de 10 con 347 individuos, seguido por la categoría de 10 con 347 individuos, cabe mencionar que se registró sólo un individuo en la categoría de 55, correspondiente a la especie *Vitex Gaumeri* (Ya'axnik).

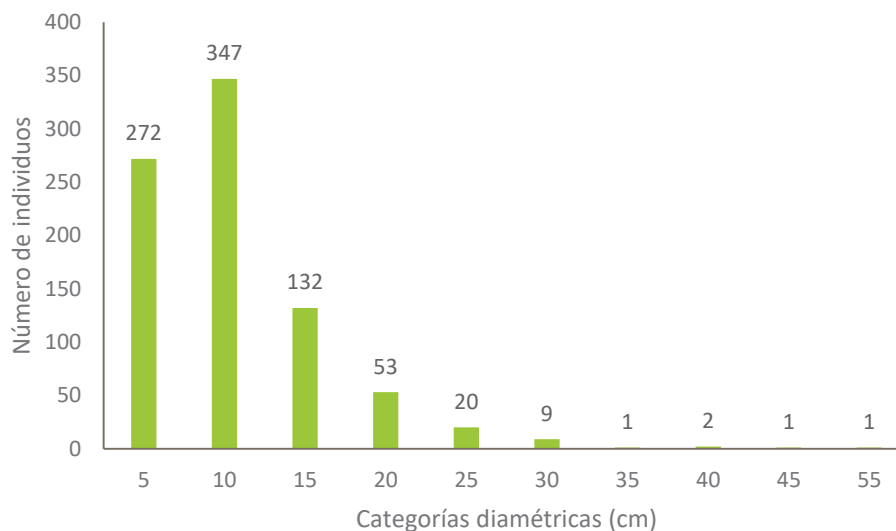


Figura V:21. Categorías diamétricas registradas en el predio.

V.7 FAUNA

V.7.1 Caracterización faunística al interior del predio

Se realizó la caracterización de la fauna presente en el predio mediante técnicas comprobadas y especializadas de análisis espacial y ambiental, para contar con una visión general de la condición actual de los ecosistemas en el área y establecer las bases para su seguimiento a futuro.

Se generó la información correspondiente a la composición taxonómica de la fauna terrestre, así como la identificación de especies que indiquen perturbación, buen estado de conservación, o que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT 2010.

V.7.1.1 Método de muestreo

Primeramente, se realizó una investigación documental y electrónica de la fauna de vertebrados reportados para la zona donde se localiza el predio bajo estudio, donde se elaboró un listado potencial de especies para el predio, posteriormente se realizó el monitoreo de fauna los días 29 y 30 de octubre de 2017. Para este monitoreo se implementaron estrategias para cuatro taxones (anfibios, reptiles aves y mamíferos).

Los métodos de muestreo empleados fueron el aleatorio simple y el aleatorio estratificado. El muestreo aleatorio simple se basa en la probabilidad que tiene un tamaño de muestra n en ser seleccionado de una población de tamaño N , que debe ser siempre la misma. Este método suele suministrar buenas estimaciones de cantidades poblacionales a un bajo

VI.3 Variables dasométricas

Las variables dasométricas se calcularon para todos los individuos registrados en el estrato arbóreo; es decir, todos aquellos individuos con diámetro normal igual o mayor a 10 cm.

Los individuos registrados dentro del predio presentaron diferentes alturas, las cuales van desde 5 hasta 20 metros. De un total de 425 individuos, 192 se encuentran en la categoría de 10 m, 169 en la de 12.5, 39 en la de 15, 20 en la de 7.5, 4 en la de 5 y 1 en la de 20; lo cual indica que la mayoría de los individuos presentan alturas de entre 8.75 y 11.24 metros, siendo 9 metros la moda. **(Figura VI:2).**

Los individuos con menor altura fueron *Sabal yapa* y *Thrinax radiata* con 5 metros, mientras que el individuo más alto fue *Vitex gaumeri* con 19 metros. Cabe resaltar que *Sabal yapa* y *Thrinax radiata* no se tomaron en cuenta para realizar los cálculos de volumen ya que éstas son especies maderables no forestales.

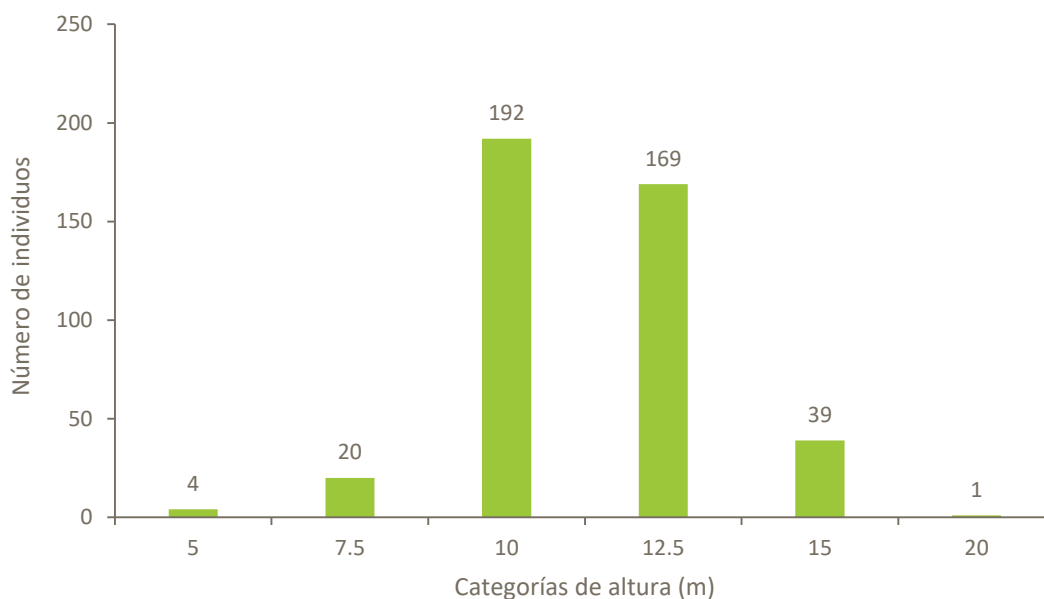


Figura VI:2. Categorías de altura registradas en el predio.

Los árboles encontrados en los sitios de muestreo presentaron diámetros entre 10 y 55 centímetros **(Figura VI:3)**, siendo 10 y 15 las categorías mejor representadas con 243 y 130 individuos respectivamente, sólo se registró un individuo con 55.7 cm de diámetro correspondiente a *Vitex gaumeri*, comúnmente conocido como Ya'axnik.

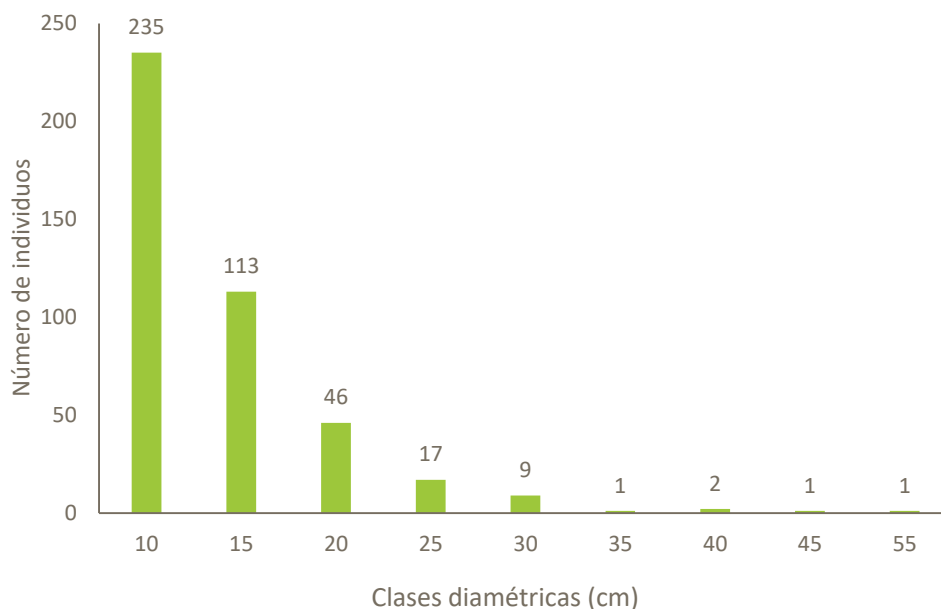


Figura VI:3. Categorías diamétricas registradas en el predio (cm).

VI.3.1 Densidad

La densidad es el número de individuos por unidad de área (Smith y Smith, Op. Cit.), por lo tanto, la densidad se obtuvo mediante el número de individuos registrados en los sitios de muestreo y se estimó su densidad por hectárea y por superficie total del predio. Cabe destacar que la ocupación del sitio depende también del tamaño de los individuos. Así, un número constante de árboles por unidad de superficie representará diversos grados de ocupación del sitio y de densidad dependiendo del tamaño de los árboles (Cancino, Op. Cit.).

Para el estrato arbóreo (área de 500 m²) se registraron 425 individuos distribuidos en 34 especies, lo que equivale a 708 individuos por hectárea, 1,992 individuos para la superficie de cambio de uso, y 7,263 individuos en todo el predio. Las especies que cuentan con el mayor número de individuos son *Bursera Simaruba*, *Lysiloma latisiliquum*, *Coccoloba spicata*, *Metopium brownei*, *Dendropanax arboreus*, *Vitex gaumeri*, *Ficus cotinifolia*, y *Ficus pertusa* con 105, 103, 98, 97, 65, 63, 31 y 18 individuos por hectárea respectivamente (**Figura VI:4 y Cuadro VI:3**).

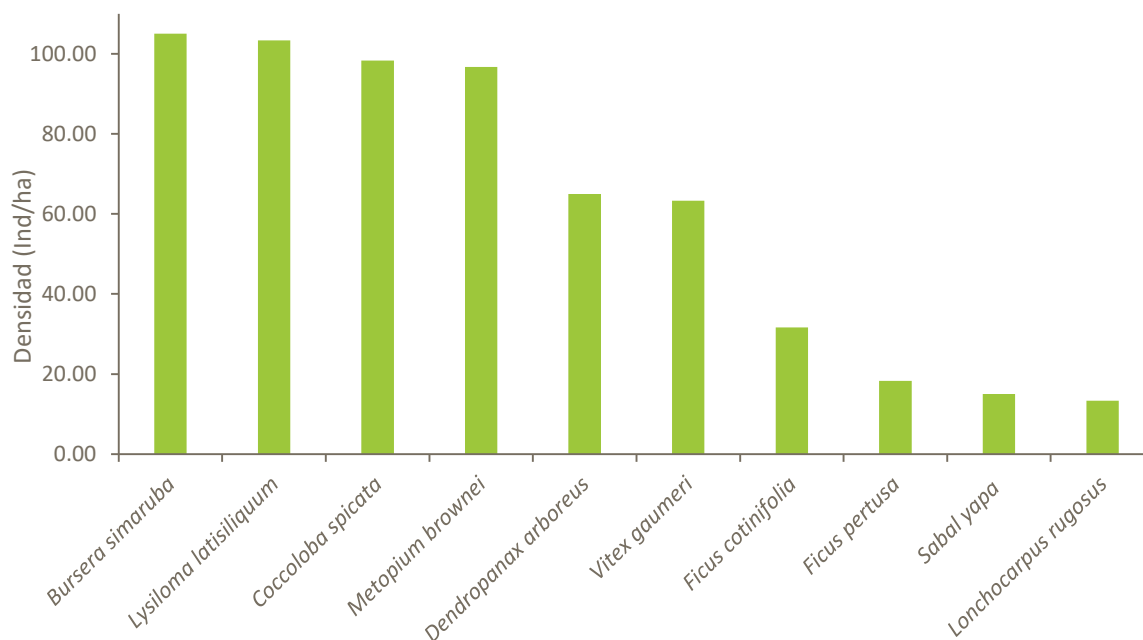


Figura VI:4. Especies con el mayor número de individuos registrados en el predio.

Cuadro VI:3. Densidad por especie a nivel hectárea y predio.

Especie	No. Individuos	Individuos/ha	Individuos/2.812 ha
<i>Bursera simaruba</i>	63	105.00	295.26
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	62	103.33	290.58
<i>Coccoloba spicata</i>	59	98.33	276.52
<i>Metopium brownei</i>	58	96.67	271.83
<i>Dendropanax arboreus</i>	39	65.00	182.78
<i>Vitex gaumeri</i>	38	63.33	178.09
<i>Ficus cotinifolia</i>	19	31.67	89.05
<i>Ficus pertusa</i>	11	18.33	51.55
<i>Sabal yapa</i>	9	15.00	42.18
<i>Swartzia cubensis</i>	8	13.33	37.49
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	8	13.33	37.49
<i>Piscidia piscipula</i>	7	11.67	32.81
<i>Simarouba amara</i>	6	10.00	28.12
<i>Spondias mombin</i>	5	8.33	23.43
<i>Nectandra coriacea</i>	4	6.67	18.75
<i>Pouteria campechiana</i>	4	6.67	18.75
<i>Guettarda combsii</i>	3	5.00	14.06
<i>Diphyssa carthagenensis</i>	2	3.33	9.37
<i>Zuelania guidonia</i>	2	3.33	9.37
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	2	3.33	9.37
<i>Luehea speciosa</i>	2	3.33	9.37

<i>Especie</i>	No. Individuos	Individuos/ha	Individuos/2.812 ha
<i>Andira inermis</i>	2	3.33	9.37
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	1	1.67	4.69
<i>Ottoschulzia pallida</i>	1	1.67	4.69
<i>Thrinax radiata</i>	1	1.67	4.69
<i>Casimiroa sapota</i>	1	1.67	4.69
<i>Diospyros yucatanensis</i>	1	1.67	4.69
<i>Bourreria pulchra</i>	1	1.67	4.69
<i>Cascabela gaumeri</i>	1	1.67	4.69
<i>Protium confusum</i>	1	1.67	4.69
<i>Ficus maxima</i>	1	1.67	4.69
<i>Cynophalla verrucosa</i>	1	1.67	4.69
<i>Annona squamosa</i>	1	1.67	4.69
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	1	1.67	4.69
TOTAL			1991.85

Finalmente, el número de individuos por hectárea se estimó en 708, con un límite superior de 724 y límite inferior de 692 y error estándar de 8.66; lo anterior indica que la estimación es confiable debido a que la densidad estimada se encuentra dentro de los límites superior e inferior. **(Cuadro VI:4).**

Cuadro VI:4. Densidad por especie a nivel hectárea y predio.

Parámetros	Valor
Densidad por hectárea	708
Desviación estándar	30
Límite superior	724
Límite inferior	694
Error estándar	8.66

VI.3.2 Área basal

El área basal es la suma de la sección transversal del fuste a la altura del pecho de todos los árboles por unidad de superficie (Ugalde, 1981)⁵¹. El área basal se obtuvo inicialmente por individuo y posteriormente se extrapoló a nivel hectárea. La estimación del área basal por individuo se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$AB = \pi * r^2$$

Donde:

AB= Área basal

⁵¹ Ugalde L.A. 1981. Conceptos básicos de dasometría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 22 p.

$$\pi = 3.1416$$

r = Radio

El área basal en el predio es de 13.499 m²/ha, equivalente a 37.96 m² en las 2.812022 hectáreas del predio. Las especies que contribuyen de manera más significativa son *Lysiloma latisiliquum* con 3.48 m²/ha, *Vitex gaumeri* con 2.08 m²/ha y *Metopium brownei* con 1.55 m²/ha (**Figura VI:5 y Cuadro VI:5**).

Cabe destacar que *Lysiloma latisiliquum*, comúnmente llamada Tzalam, es de las principales especies en volúmenes aprovechados y con demanda creciente en la Península de Yucatán (Forster *et al.*, 2002)⁵².

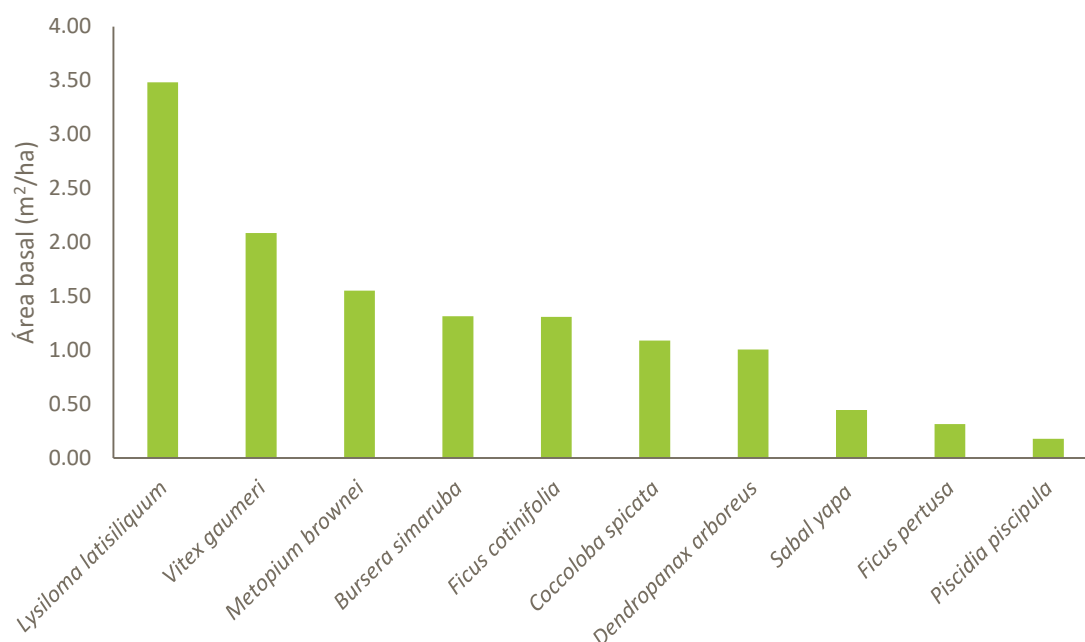


Figura VI:5. Especies con mayor área basal en el predio.

⁵² Forster R., H. Albrecht, M. Belisle, A. Caballero, H. Galletti, O. Lacayo, S. Ortiz y D. Robinson. 2002. Comunidades forestales y el mercadeo de maderas tropicales poco comerciales de Mesoamérica. Universidad de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 158 p.

Cuadro VI:5. Área basal de especie por hectárea y predio.

Especie	Suma de AB	AB (m2/ha)	AB (m2/2.812 ha)
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	2.090	3.484	9.80
<i>Vitex gaumeri</i>	1.251	2.085	5.86
<i>Metopium brownei</i>	0.932	1.554	4.37
<i>Bursera simaruba</i>	0.788	1.314	3.69
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.786	1.310	3.68
<i>Coccoloba spicata</i>	0.654	1.091	3.07
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.604	1.006	2.83
<i>Ficus pertusa</i>	0.189	0.316	0.89
<i>Piscidia piscipula</i>	0.108	0.179	0.50
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.101	0.169	0.48
<i>Swartzia cubensis</i>	0.088	0.146	0.41
<i>Simarouba amara</i>	0.081	0.135	0.38
<i>Pouteria campechiana</i>	0.073	0.122	0.34
<i>Spondias mombin</i>	0.055	0.091	0.26
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	0.044	0.074	0.21
<i>Nectandra coriacea</i>	0.034	0.057	0.16
<i>Protium confusum</i>	0.029	0.049	0.14
<i>Guettarda combsii</i>	0.024	0.040	0.11
<i>Zuelania guidonia</i>	0.018	0.029	0.08
<i>Luehea speciosa</i>	0.016	0.027	0.08
<i>Andira inermis</i>	0.016	0.027	0.08
<i>Diphyssa carthagenensis</i>	0.016	0.027	0.08
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.015	0.025	0.07
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.011	0.019	0.05
<i>Cascabela gaumeri</i>	0.011	0.018	0.05
<i>Cynophalla verrucosa</i>	0.011	0.018	0.05
<i>Ottoschulzia pallida</i>	0.010	0.016	0.05
<i>Annona squamosa</i>	0.009	0.015	0.04
<i>Ficus maxima</i>	0.009	0.015	0.04
<i>Bourreria pulchra</i>	0.009	0.015	0.04
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	0.008	0.014	0.04
<i>Casimiroa sapota</i>	0.008	0.013	0.04
Total general	8.099	13.499	37.96

La estimación del área basal por hectárea está representada por 13.499 m² con un límite superior de 14.41 y límite inferior de 13.53, una varianza de 0.695 y un error estándar de 0.24 (Cuadro VI:6).

Cuadro VI:6. Confiabilidad de la estimación del área basal por hectárea

Parámetros	Valor
Área basal por hectárea	13.49
Varianza	0.70
Desviación estándar	0.83
Límite superior	14.40
Límite inferior	13.35
Error estándar (%)	0.24

VI.3.3 Volumen

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida de los árboles por debajo de la corteza, formada por un conjunto de elementos lignificados, tráqueas o traqueidas. En sentido estricto, en cuanto al período de su formación, toda suerte de tejido secundario producido por el cambium hacia el interior del mismo (García-Esteban *et al.*, 2003)⁵³. Con base a lo anterior, se estimó el volumen para las especies forestales maderables, mientras que para las especies forestales no maderables como *Thrinax radiata* y *Sabal yapa* se estimó sólo la densidad y el área basal.

La metodología para la estimación de volumen Rollo Total Árbol (RTA) de las especies forestales maderables se obtuvo mediante las ecuaciones generadas para la región norte en el Inventario Forestal de Quintana Roo (1976)⁵⁴, el cual utiliza el siguiente modelo estadístico para calcular las tablas de volúmenes:

$$\text{Volumen} = \text{Exp}[C_0 + C_1 \log(DN) + C_2 \log(HI)]$$

Donde

C_0, C_1, C_2 = Coeficientes de regresión

DN = Diámetro Normal

HI = Altura íesima

Log = Logaritmo natural

En dicho inventario, las existencias volumétricas de la Región Norte, se obtuvieron separadamente para 17 grupos botánicos, cada uno con su respectivo número de tabla y ecuación (**Cuadro VI:7**).

⁵³ García-Esteban L., Guindeo-Casasus A., Peraza-Oramas C. y Palacios de Palacios P. 2003. *La madera y su anatomía*. Muni-Prensa. México, D.F.

⁵⁴ Inventario Forestal de Quintana Roo, 1976. Dirección general del inventario nacional forestal, publicación número 41.

Cuadro VI:7. Ecuaciones para el cálculo de volúmenes forestales de acuerdo con su número de tabla. Fuente: Inventario Forestal del Estado de Quintana Roo (1976)

No. Tabla	Ecuación
1	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.74143096 + 1.95019123 * \text{LN}(\text{DN}) + 0.95525758 * \text{LN}(\text{HI}))$
2	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.6873264 + 1.87777278 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.01495306 * \text{LN}(\text{HI}))$
3	$\text{Vol} = \text{Exp}(-10.078102 + 1.92989964 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.0770193 * \text{LN}(\text{HI}))$
4	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.67348922 + 1.86887607 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.01858126 * \text{LN}(\text{HI}))$
5	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.5208709 + 1.85580925 * \text{LN}(\text{DN}) + 0.96207943 * \text{LN}(\text{HI}))$
6	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.75894522 + 1.90722681 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.01257027 * \text{LN}(\text{HI}))$
7	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.89061571 + 1.924447818 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.04545276 * \text{LN}(\text{HI}))$
8	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.68220947 + 1.89488929 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.01453225 * \text{LN}(\text{HI}))$
9	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.45811109 + 1.82568462 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.00281859 * \text{LN}(\text{HI}))$
10	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.71122198 + 1.8428147 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.05795417 * \text{LN}(\text{HI}))$
11	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.8832368 + 1.9131735 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.07391062 * \text{LN}(\text{HI}))$
12	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.63573531 + 1.90246451 * \text{LN}(\text{DN}) + 0.97875991 * \text{LN}(\text{HI}))$
13	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.84052491 + 1.92716537 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.00282618 * \text{LN}(\text{HI}))$
14	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.52375084 + 1.81551953 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.03039019 * \text{LN}(\text{HI}))$
15	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.45441486 + 1.868413 * \text{LN}(\text{DN}) + 0.9316352 * \text{LN}(\text{HI}))$
16	$\text{Vol} = \text{Exp}(-9.63519924 + 1.83658572 * \text{LN}(\text{DN}) + 1.02444663 * \text{LN}(\text{HI}))$

Por lo tanto, para calcular los volúmenes de las especies forestales maderables registradas en el predio, primero se dividieron las especies de acuerdo al grupo botánico al que pertenecen de acuerdo con en el Inventario Forestal del Estado de Quintana Roo y posteriormente se calculó su volumen según su número de tabla. **(Cuadro VI:8).** Cabe resaltar que las especies que no se encontraron listadas en el inventario, se catalogaron como desconocidas del grupo 17, tabla 14.

Cuadro VI:8. Grupo y tabla por especie registrada en el predio

Grupo	No. Tabla	Especie
3	4	<i>Lysiloma latisiliquum</i>
4	4	<i>Swartzia cubensis</i>
5	4	<i>Lonchocarpus rugosus</i>
	4	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>
	4	<i>Caesalpinia gaumeri</i>
	4	<i>Piscidia piscipula</i>
6	5	<i>Ficus cotinifolia</i>
	5	<i>Annona squamosa</i>
9	6	<i>Nectandra coriacea</i>
	6	<i>Diospyrus yucatanensis</i>
11	6	<i>Pouteria campechiana</i>
12	7	<i>Bursera simaruba</i>
13	7	<i>Simarouba amara</i>
14	8	<i>Spondias mombin</i>
15	13	<i>Metopium brownei</i>
16	9	<i>Coccoloba spicata</i>

Grupo	No. Tabla	Especie
17	5	<i>Ficus pertusa</i>
	5	<i>Ficus maxima</i>
	11	<i>Zuelania guidonia</i>
	13	<i>Vitex gaumeri</i>
	14	<i>Luehea speciosa</i>
	14	<i>Andira inermis</i>
	14	<i>Casimiroa sapota</i>
	14	<i>Cascabela gaumeri</i>
	14	<i>Dendropanax arboreus</i>
	14	<i>Ottoschulzia pallidas</i>
	14	<i>Protium confusum</i>
	14	<i>Sideroxylon salicifolium</i>
	14	<i>Cynophalla verrucosa</i>
	14	<i>Guettarda combsii</i>
	14	<i>Diphyssa carthagenensis</i>
	14	<i>Bourreria pulchra</i>

Se obtuvo un volumen de **93.05 m³/ha** para el estrato arbóreo equivalente a **261.67 m³** en la superficie de cambio de uso de suelo (2.812022 ha). Las especies que presentaron mayor volumen fueron *Lysiloma latisiliquum* (23.12 m³/ha), *Vitex gaumeri* (15.23 m³/ha), *Metopium brownei* con (10.44 m³/ha), *Ficus cotinifolia* (9.19 m³/ha), *Bursera simaruba* (8.95 m³/ha), *Coccoloba spicata* (7.14 m³/ha) y *Dendropanax arboreus* (7.62 m³/ha) como se muestra en la **Figura VI:6**.

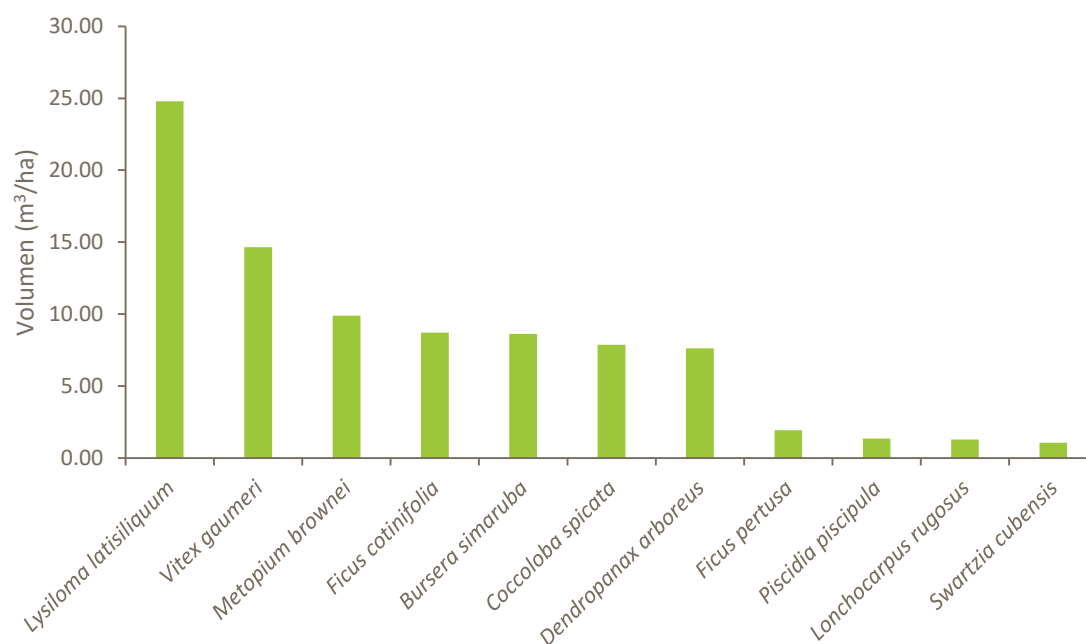


Figura VI:6. Especies con mayor volumen en el predio.

El volumen de Rollo Total Árbol (RTA) estimado para cada especie se presentan en el **Cuadro VI:9**, el cual se refiere al volumen de madera del fuste y corteza del árbol, sin incluir ramas.

Cuadro VI:9. Volúmenes de especies forestales en el predio

<i>Especie</i>	RTA/ind	RTA (m ³ /ha)	RTA (m ³ /2.812 ha)
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	13.875	23.125	65.03
<i>Vitex gaumeri</i>	9.136	15.226	42.82
<i>Metopium brownei</i>	6.262	10.436	29.35
<i>Ficus cotinifolia</i>	5.514	9.191	25.84
<i>Bursera simaruba</i>	5.368	8.947	25.16
<i>Dendropanax arboreus</i>	4.572	7.619	21.43
<i>Coccoloba spicata</i>	4.283	7.138	20.07
<i>Ficus pertusa</i>	1.222	2.037	5.73
<i>Piscidia piscipula</i>	0.784	1.307	3.67
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	0.750	1.251	3.52
<i>Swartzia cubensis</i>	0.631	1.051	2.96
<i>Simarouba amara</i>	0.510	0.851	2.39
<i>Pouteria campechiana</i>	0.475	0.792	2.23
<i>Spondias mombin</i>	0.351	0.586	1.65
<i>Sideroxylon salicifolium</i>	0.341	0.568	1.60
<i>Nectandra coriacea</i>	0.259	0.431	1.21
<i>Protium confusum</i>	0.238	0.397	1.12
<i>Guettarda combsii</i>	0.185	0.308	0.87
<i>Zuelania guidonia</i>	0.144	0.239	0.67
<i>Diphyssa carthagenensis</i>	0.126	0.210	0.59
<i>Luehea speciosa</i>	0.106	0.177	0.50
<i>Cynophalla verrucosa</i>	0.088	0.147	0.41
<i>Andira inermis</i>	0.083	0.138	0.39
<i>Cascabela gaumeri</i>	0.069	0.115	0.32
<i>Diospyros yucatanensis</i>	0.067	0.112	0.31
<i>Ottoschulzia pallida</i>	0.062	0.104	0.29
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	0.059	0.099	0.28
<i>Ficus maxima</i>	0.059	0.099	0.28
<i>Bourreria pulchra</i>	0.058	0.096	0.27
<i>Annona squamosa</i>	0.056	0.093	0.26
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	0.053	0.088	0.25
<i>Casimiroa sapota</i>	0.046	0.077	0.22
Total general	55.833	93.055	261.67

Finalmente, se concluye que el volumen por hectárea en el predio es de 93.05 m³ con un rango de límite superior de 96.53 y un límite inferior de 90.41. El error estándar es igual a 1.644% y la desviación estándar es de 5.70 como se muestra en el **Cuadro VI:10**. Por lo tanto, existe alta confiabilidad en la estimación de la variable dasométrica volumen.

Cuadro VI:10. Confiabilidad de la estimación del volumen por hectárea

Parámetro	Valor
Volumen por hectárea	93.05
Varianza	32.56
Desviación estándar	5.71
Límite superior	96.52
Límite inferior	90.60
Error estándar (%)	1.644

Los volúmenes para los individuos de la clase diamétrica 5, no fueron estimados ya que las ecuaciones utilizadas para la estimación de, para el estado, se elaboraron para individuos dentro de las categorías de altura desde los 5 hasta los 45 m y clases diamétricas de 10 a 130 cm; en otras palabras, las ecuaciones sólo se pueden aplicar a los individuos dentro de los rangos de diámetros y alturas mencionados y estimar los volúmenes de los individuos fuera de esos rangos sesga los resultados.

Lo anterior se sustenta en la teoría de conjuntos, en particular sobre los conceptos de “población” y “muestra”. Un conjunto es cualquier colección de conceptos o de objetos perfectamente especificados. La población es un conjunto definido, limitado y accesible del universo que forma el referente para la elección de la muestra. Una muestra es una parte o subconjunto de una población normalmente seleccionada de tal modo que ponga de manifiesto las propiedades de la población. En otras palabras, la población para la estimación de las ecuaciones de volumen fue limitada a las categorías de altura de 5 a 45 m y clases diamétricas de 10 a 130 cm, es decir cualquier muestra solo manifiesta las propiedades de la población en los límites dimensionales mencionados.

Como ejemplo se citan las siguientes fuentes que se consultaron para el cálculo de volúmenes en estudios forestales específicos de la zona de estudio, y la razón por la que la cuantificación del volumen no es recomendable llevar a cabo:

Manual técnico forestal Quintana Roo:

-Este documento solo tiene cuatro ecuaciones de volumen, que son para algunas especies a las que fue dirigido el estudio, y no toman en cuenta aquellos parámetros de los que se tiene información.

-Agrupa "todas las demás especies" en una ecuación, en la que quedarían la mayoría de las especies en el predio.

Tabla de cubicación Microcuencas Quintana Roo

-Presenta tablas de volumen de 3 especies y una más que agrupa a las "especies tropicales más duras", lo que dejaría sin una estimación confiable a muchas especies en el predio.

-La categoría diamétrica menor es 35 cm

Tesis de tablas de volúmenes para montes de la península

-Las tablas se dividen en categorías por especie sin abarcar todas las del estudio, además de que las categorías diamétricas comienzan en los 10 y 15 cm, dependiendo de la corteza

-En palabras del autor, "la utilización de un mayor número de especies, obliga a la división de los grupos presentados para hacer tablas de volúmenes adecuados a cada especie".

Los instrumentos jurídicos aplicables a la materia, como la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable, y los lineamientos para la elaboración de Estudios Técnicos Justificativos, así como la Norma Oficial Mexicana hacen uso de la estimación de volumen de madera únicamente con fines de aprovechamiento, y no para dar un uso a la vegetación del estrato arbustivo.

Finalmente, la Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006 que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas, dice que "cuando se pretenda solicitar una autorización de aprovechamiento de recursos forestales maderables y no maderables de manera conjunta, conforme lo establecido en el segundo párrafo del artículo 97 de la Ley, para los recursos indicados en el artículo 53 y 55 del Reglamento, se deberá incluir en el Programa de Manejo un apartado específico para los recursos forestales no maderables, conteniendo lo establecido en los artículos 53 y 57 del Reglamento, según corresponda al recurso por aprovechar." Dado que la finalidad de la extracción de madera no es con objetivos comerciales, se omite el cálculo para otros estratos.