

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Caracterización forestal para la conservación de la  
Reserva Natural Lomas de Atilán, San Andrés  
Semetabaj, Sololá, Guatemala

Trabajo de investigación presentado  
por Daniel Núñez Robles  
para optar al grado académico de Licenciado en Biología.

Guatemala

2021



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



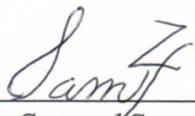
Caracterización forestal para la conservación de la  
Reserva Natural Lomas de Atilán, San Andrés  
Semetabaj, Sololá, Guatemala

Trabajo de investigación presentado  
por Daniel Núñez Robles  
para optar al grado académico de Licenciado en Biología.

Guatemala

2021

Vo.Bo.:

(f)   
MSc. Samuel Secaira Ziegler

Tribunal Examinador:

(f)   
MSc. Samuel Secaira Ziegler

(f)   
Licda. María Reneé Álvarez Ruano

(f)   
Lic. Alejandro Vásquez Contreras

Fecha de aprobación: Guatemala, 7 de diciembre 2021

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me han ayudado en toda mi vida universitaria, tanto en el aprendizaje como en cada momento que me han regalado. Principalmente agradezco a mi mamá y a mi papá, quienes me han apoyado durante toda mi vida. Siempre han sido y seguirán siendo un ejemplo a seguir para mí, sin ellos nunca hubiera conocido la importancia de la conservación de la naturaleza. Gracias por inculcarme ese sentimiento ambientalista y científico desde que soy un niño.

Agradezco al resto de mi familia por siempre apoyarme a realizar lo que me gusta hacer, en este grupo también agradezco a todos mis perros que me han acompañado en todo momento, perros que se han ido y otros que siguen en mi vida. También agradezco a los amigos que he hecho en estos años y que me han enseñado lo que es tener amistades bonitas y saludables.

Agradezco a Samuel Secaira por apoyarme en todo el proceso de la elaboración de la investigación. Gracias por el apoyo incondicional desde antes de comenzar a realizar la investigación. He podido aprender mucho de Samuel, tanto en lo profesional como persona y amigo. También agradezco a Tefi y toda la familia Secaira por aceptarme en su casa y tratarme como un familiar más cuando tuve que realizar el trabajo de campo. Sin su ayuda, el proceso de campo hubiera sido más difícil.

Agradezco a todas las personas y profesores que me han ayudado a crecer en lo académico y profesional, pero principalmente a Maria Renee Álvarez por ser una de las personas más importantes que he tenido en mi formación como científico y ayudarme en todo momento con mi tesis. Gracias por confiar en mí desde el principio de la carrera y darme la oportunidad de meterme al mundo de la botánica.

También agradezco Alejandro Vasquez y Diego Incer por ayudarme en el análisis de resultados, tanto en lo estadístico como la realización de mapas. Sin ellos el tiempo invertido en la compu hubiera sido mil veces más, gracias por la paciencia. También agradezco a Andrés Gutiérrez por ayudarme en todo el trabajo de campo y realización de las parcelas, junto con Cristina Yac y Josias Godínez.

Por último quisiera agradecer a todas las personas que me han apoyado en todo momento y siempre están para mí, más que un logro personal me gusta pensar que es un logro gracias a ustedes.

## ÍNDICE

<b><i>I. INTRODUCCIÓN</i></b> .....	<b>1</b>
<b><i>II. ANTECEDENTES</i></b> .....	<b>2</b>
<b>A. Marco teórico</b> .....	<b>2</b>
1. Diversidad biológica.....	2
2. Rasgos funcionales .....	3
3. Diversidad funcional.....	4
4. Contribuciones de la naturaleza a la gente y servicios ecosistémicos.....	5
5. El Paradigma actual: biodiversidad y bienestar humano .....	6
6. Pago por servicios ambientales.....	7
7. Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atilán (RUMCLA).....	8
8. Flora de San Andrés Semetabaj .....	9
<b><i>III. JUSTIFICACIÓN</i></b> .....	<b>10</b>
<b><i>IV. OBJETIVOS</i></b> .....	<b>12</b>
<b><i>V. METODOLOGÍA</i></b> .....	<b>13</b>
<b>A. Área de estudio</b> .....	<b>13</b>
<b>B. Muestreo</b> .....	<b>15</b>
1. Colecta de muestras de árboles para herbario .....	15
2. Levantamiento de parcelas.....	15
3. Medición de rasgo funcional.....	17
<b>C. Análisis de datos</b> .....	<b>17</b>
3. Determinación del IVI .....	17
4. Grosor de corteza.....	18
5. Generación de mapas.....	19
6. Elaboración del plan de manejo para ingreso a PROBOSQUE .....	19
<b><i>VI. RESULTADOS</i></b> .....	<b>20</b>
<b><i>VII. DISCUSIÓN</i></b> .....	<b>39</b>
<b><i>VIII. CONCLUSIONES</i></b> .....	<b>47</b>
<b><i>IX. RECOMENDACIONES</i></b> .....	<b>48</b>
<b><i>X. LITERATURA CITADA</i></b> .....	<b>49</b>
<b><i>XI. ANEXOS</i></b> .....	<b>58</b>

## LISTADO DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Listado de especies presentes en las parcelas realizadas en la Reserva Lomas de Atitlán, San Andrés Semetabaj.....	20
<b>Cuadro 2.</b> Índices de Valor de Importancia (IVI) para las especies arbóreas de la Reserva Lomas de Atitlán.....	27
<b>Cuadro 3.</b> Media de grosor de corteza por especie de Lomas de Atitlán.....	36
<b>Cuadro 4.</b> Matriz de evaluación del estado de conservación para el bosque mixto de la Reserva Lomas de Atitlán.....	38

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Desempeño ecológico en su estado óptimo en base a los rasgos y diversidad funcional.....	5
<b>Figura 2.</b> Mapa de Área de Estudio, Reserva Natural Lomas de Atitlán.....	14
<b>Figura 3.</b> Mapa de muestreo sistemático para la realización de las parcelas en el área común de Lomas de Atitlán, para Bosque Estacionalmente Seco y Bosque Mixto.....	16
<b>Figura 4.</b> Número de especies en las categorías de conservación de la Lista de Especies Amenazadas de CONAP.....	25
<b>Figura 5.</b> Número de especies por familia de las parcelas muestreadas en Lomas de Atitlán, San Andrés Semetabaj. ....	25
<b>Figura 6.</b> Curva de acumulación de especies de las parcelas realizadas en Lomas de Atitlán.....	26
<b>Figura 7.</b> Histograma de clases diamétricas de <i>P. pseudostrobus</i> , <i>Q. tristis</i> , <i>C. donnell-smithii</i> , <i>L. V. hartwegii</i> y <i>D. carthagenensis</i> . de Lomas de Atitlán.....	29
<b>Figura 8.</b> Mapa de distribución de la riqueza de especies arbóreas para la Reserva Lomas de Atitlán.....	30
<b>Figura 9.</b> Número de especies por tipo de bosque de Lomas de Atitlán.....	31
<b>Figura 10.</b> Mapa de distribución de <i>P. pseudostrobus</i> , <i>Q. tristis</i> , <i>C. donnell-smithii</i> , <i>L. minimiflorus</i> , <i>V. hartwegii</i> y <i>D. carthagenensis</i> de la Reserva Lomas de Atitlán.....	32
<b>Figura 11.</b> Mapa de distribución de <i>B. simaruba</i> , <i>C. tubulosus</i> , <i>L. diversifolia</i> y <i>O. xalapensis</i> de la Reserva Lomas de Atitlán.....	33
<b>Figura 12.</b> Mapa de distribución del grosor medio de corteza de árboles en la Reserva Lomas de Atitlán.....	35
<b>Figura 13.</b> Comparación de medias de grosor de corteza entre los tipos de bosque de Lomas de Atitlán. ....	37

## SINOPSIS

El objetivo del presente trabajo de investigación fue contribuir a la conservación de la diversidad biológica de la Reserva Natural Lomas de Atitlán, por medio de caracterización arbórea, evaluación de la susceptibilidad del bosque ante incendios en función al grosor de la corteza y realizar un plan de manejo forestal. La Reserva se encuentra en el municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá. Lomas de Atitlán consta de 42 hectáreas, de las cuales 19.9 son lotificaciones y 22.10 ha son áreas comunes destinadas a la conservación. La Reserva pertenece a la Asociación de Vecinos, y es administrada por una junta directiva. Entre el plan de manejo de la Reserva se encuentra su inscripción en el Sistema Guatemalteco de Áreas de Conservación (SIGAP) y su ingreso a PROBOSQUE para optar a incentivos como estrategia para la sostenibilidad de la reserva. La reserva se caracteriza principalmente por dos tipos de ecosistemas: bosque de pino-encino y bosque estacionalmente seco.

La caracterización forestal se realizó por medio de 22 parcelas con un total de 10,000 m<sup>2</sup>. Además se realizaron caminatas *ad Libitum*, y la identificación de especies vegetales. . Con base en las parcelas y las caminatas se identificaron las especies. Se obtuvo un total de 80 especies de árboles identificadas. El índice de valor de importancia ecológica (IVI) de las especies de árboles del bosque con valores más altos fueron: *Pinus pseudostrobus* (38.436), *Quercus tristis* (25.295) y *Citharexylum donnell-smithii* (19.253) .

Se determinó el rasgo funcional de grosor de corteza de las especies de árboles identificadas. Las especies mejor adaptadas al fuego, según el rasgo funcional grosor de corteza fueron, *P. pseudostrobus* (22.3), seguido por *T. micrantha* (13.0) y *D. carthagenensis* (12.3) Por medio de análisis en los sistemas de información geográficos y métodos estadísticos se identificaron las distintas áreas de prioridad para la conservación de la biodiversidad de árboles de la Reserva a través de criterios de riqueza e índices de valor de importancia ecológica. Se realizó una aproximación sobre áreas más vulnerables a incendios en base a grosor de corteza, siendo la parte sur de la reserva la región en donde se encuentran los árboles con un grosor de corteza medio más alto. Se realizaron mapas para la caracterización de la riqueza arbórea, mapas de categorización de la reserva y visualización de los tipos de bosques o especies predominantes. La parte noroeste de la reserva presentó valores más altos de riqueza arbórea, teniendo hasta 17 especies, mientras que la parte suroeste presentó los valores más bajos con 6 especies.

Con base en esta información se realizó un Plan de Manejo Forestal que permitió ingresar a la reserva al programa de PROBOSQUES del Instituto Nacional de Bosques (INAB). La investigación colabora con la generación de conocimiento científico para la toma de decisiones para una mejor conservación de los recursos naturales de la Reserva Natural Lomas de Atitlán. También contribuye al conocimiento sobre la diversidad florística del municipio de San Andrés Semetabaj.

## ABSTRACT

The objective of this research work was to contribute to the conservation of the biological diversity of the Lomas de Atitlán Natural Reserve, through arboreal characterization, evaluation of the susceptibility of the forest to fires based on the thickness of the bark and to carry out a plan of forest management. The Reserve is located in the municipality of San Andrés Semetabaj, Sololá. Lomas de Atitlán consists of 42 hectares, of which 19.9 are subdivisions and 22.10 hectares are common areas destined for conservation. The Reserve belongs to the Neighborhood Association and is administered by a board of directors. Among the management plan of the Reserve is its registration in the Guatemalan System of Conservation Areas (SIGAP) and its entry into PROBOSQUE to qualify for incentives as a strategy for the sustainability of the reserve. The reserve is mainly characterized by two types of ecosystems: pine-oak forest and seasonally dry forest.

The forest characterization was carried out by 22 plots of a total of 10,000 m<sup>2</sup>. In addition, walks *ad Libitum* were carried out, and the identification of plant species. Based on the plots and the walks, the species were identified. A total of 80 identified tree species were obtained. The ecological importance value index (IVI) of the forest tree species with the highest values were: *Pinus pseudostrabus* (38,436), *Quercus tristis* (25,295) and *Citharexylum donnell-smithii* (19,253).

The functional trait of bark thickness of the identified tree species was determined. The species best adapted to fire, according to the bark thickness functional trait, were *P. pseudostrabus* being the species with the highest mean bark value (22.3), followed by *T. micrantha* (13.0) and *D. carthagenensis* (12.3). By means of analysis in the geographic information systems and statistical methods, the different priority areas for the conservation of the biodiversity of trees in the Reserve were identified through richness criteria and value indices of ecological importance. An approximation was made on areas more vulnerable to fires based on bark thickness. Maps were made to characterize tree richness, reserve categorization maps and visualization of the types of forests or predominant species.

Based on this information, a Forest Management Plan was made that allowed the PROBOSQUES program of the National Forest Institute (INAB) to enter the reserve. The research collaborates with the generation of scientific knowledge for decision-making for a better conservation of the natural resources of the Lomas de Atitlán Natural Reserve. It also contributes to the knowledge about the floristic diversity of the municipality of San Andrés Semetabaj.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA) tienen importancia ecológica, pero también son importantes por los servicios ecosistémicos que prestan para la población. La RUMCLA presenta distintos tipos de ecosistemas boscosos: bosques latifoliados, bosques mixtos, bosques de coníferas de altura y bosques estacionalmente secos. En la Reserva Natural Lomas de Atitlán los dos bosques presentes son el bosque mixto (pino-encino) y el bosque estacionalmente seco (Secaira, 2018). El bosque estacionalmente seco se caracteriza por especies dominantes como el palo de jiote (*Bursera simaruba*), yaje (*Leucaena diversifolia*), palo de lagarto (*Zanthoxylum fagara*), así como especies de las familias Cactaceae o Asparagaceae (Secaira, 2018). Mientras que el bosque mixto se caracteriza por especies como *Quercus tristis*, *Q. peduncularis*, *Pinus pseudostrobus*, *P. maximinoii*. Estos ecosistemas proveen servicios de abastecimiento, tales como leña, madera, medicina y alimento, y de regulación climática, hídrica y erosión (Conap, 2018).

En Guatemala existen más de 1400 especies de árboles, de las cuales aproximadamente 500 especies son utilizadas por la población con distintos fines (Vivero, *et al.* 2006). Los servicios ecosistémicos de bosques mixtos y bosques estacionalmente secos, incluyen de abastecimiento, regulación, soporte y culturales (Chan, *et al.* 2006). Por otra parte, la amenaza de incendios en la RUMCLA ha ido en aumento, por prácticas agrícolas o de eliminación de desechos. Estos incendios afectan principalmente a los bosques mixtos de la región, por su rápida propagación. Es por esto que adaptaciones como el grosor de la corteza de ciertas especies, ayudan a prevenir la propagación de incendios (Conap, 2018). En base a los servicios es posible generar ingresos en base a pagos por servicios ambientales, en donde se promueve la conservación de los recursos y se tiene un beneficio económico (Pagiola, 2008). Tomando en cuenta los objetivos de la Reserva Natural Lomas de Atitlán, se realizó una caracterización forestal de la Reserva para promover la investigación científica y la conservación.

## II. ANTECEDENTES

### A. Marco teórico

#### 1. Diversidad biológica

El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) define la biodiversidad como la variabilidad entre organismos vivos de todas las fuentes, incluyendo especies terrestres, acuáticas y marinas. Esto incluye la diversidad dentro de especies, entre especies y de ecosistemas (CBD, 1994). Existen 20 países megadiversos, los cuales albergan más del 70% de la biodiversidad a nivel mundial (CBD, 2016). Guatemala es considerado un país megadiverso, pero uno de los más amenazados ante el cambio climático (USAID, 2017). El país es considerado como un hotspot de diversidad, en donde existe una gran cantidad de especies endémicas, por lo que existe una alta diversidad biológica en el territorio (Cano y Schuster, 2012).

Al situarse en el centro de América, Guatemala ha funcionado como corredor de especies para Norteamérica y Sudamérica. La creación del istmo centroamericano permitió una alta especiación en la región, funcionando como un corredor y un paso para la migración de especies de Norteamérica y Sudamérica. Esto permitió que Mesoamérica tenga una alta diversidad biológica con alto endemismo, siendo una región importante para la conservación, tanto para la diversidad biológica, como el bienestar humano y los servicios ecosistémicos. (FIPA USAID, 2002).

#### a. Especies y ecosistemas

La diversidad de especies de Guatemala es alta para la mayoría de los grupos taxonómicos. El incremento de la investigación y los esfuerzos de muestreo han permitido aumentar el número de especies reportadas. Para el 2013, se estimó que había 11,864 especies de flora y 5,687 especies de fauna (Cano y Schuster, 2013). De las especies de plantas vasculares reportadas, se cree 515 especies son endémicas para el país. Algunas de las regiones con mayor endemismo de especies vegetales son: La Sierra de los Cuchumatanes, la cadena volcánica, la Sierra de las Minas, entre otros (CONAP, 2014).

Una de las razones de la alta diversidad biológica en Guatemala es la cantidad de ecosistemas que existen. En el siglo XX, Leslie Holdridge, propuso un sistema de clasificación de zonas de vida, para el cual se describen 14 zonas de vida presentes en el país, las cuales se establecieron considerando factores como la biotemperatura, precipitación, humedad y latitud (De la Cruz, 1982). En el año 2001 el Instituto Nacional de Bosques (INAB) presentó una clasificación de ecosistemas vegetales presentes en Guatemala. Se tomó en cuenta la clasificación de ecosistemas de la UNESCO y se lograron identificar 66 ecosistemas vegetales distintos. Esta clasificación se basa en la interacción entre pisos altitudinales y estacionalidad vegetativa. Gracias a la realización de este mapa, se lograron identificar 34 ecosistemas de bosques (INAB, 2001). En el año 2018 el Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (IARNA) realizó un estudio de los ecosistemas de Guatemala, basado en el sistema de clasificación de Holdridge. Se muestra la presencia de trece zonas de vida, distribuidas a seis pisos altitudinales, siete provincias de precipitación y nueve provincias de humedad. Una de las razones por la cual

existen tantas zonas de vida en el país, es por las condiciones topográficas, climáticas y las distintas barreras que existen (IARNA-URL, 2018).

### **b. Riqueza y diversidad arbórea**

A pesar de las constantes amenazas y perturbaciones a los cuales los bosques de Guatemala están expuestos, la cobertura forestal del país abarca aproximadamente el 33% del territorio nacional (3,574,244 hectáreas) (GIMBUT, 2019). La gran cantidad de ecosistemas presentes en Guatemala permiten que existan una gran variedad de especies de árboles. De las 11,350 especies de plantas vasculares reportadas para Guatemala, aproximadamente 1,403 especies son consideradas árboles, las cuales se agrupan en 550 géneros y 105 familias (Vivero *et al.*, 2006). Existen más de 500 especies de árboles latifoliados y 28 especies de coníferas.

Los árboles son importantes para la biodiversidad, representando nichos ecológicos para otras especies de flora y fauna. También son de suma importancia para la población del país, ya que pueden funcionar como una fuente de ingresos, alimento, leña, protección, etc. De las 1,403 especies de árboles, aproximadamente 502 especies de árboles son usadas por las personas con distintos fines (Vivero, *et al.* 2006).

## **2. Rasgos funcionales**

Los rasgos funcionales son caracteres morfológicos, bioquímicos, fisiológicos, estructurales o fenológicos, que son expresados en el fenotipo de un organismo individual. Estos son relevantes ya que responden al ambiente o poseen un efecto sobre los ecosistemas e individuos (Díaz, *et al.* 2013). Estos rasgos han llamado la atención de los investigadores, principalmente biólogos evolucionarios y ecólogos funcionales, debido a que permiten explicar las propiedades de un ecosistema y las respuestas al ambiente (Díaz y Cabido, 2001). Los rasgos funcionales de una especie pueden ser medidos considerando estrategias de adquisición de recursos, como por ejemplo área foliar específica (Ostertag, *et al.* 2015). Este enfoque puede facilitar proyectos de restauración de bosques, ya que, al seleccionar especies con ciertos valores de rasgos funcionales, se pueden influenciar la interacción de especies y la provisión de servicios ecosistémicos que se desean. Por ejemplo: regulación climática, prevención de incendios, retención de agua, etc. (Suding, *et al.* 2008).

Los rasgos funcionales no solo son determinados por el efecto del ambiente sino pueden ser por respuesta al ambiente. Los rasgos funcionales de respuesta son rasgos que existen debido a los factores abióticos y bióticos de un ecosistema, como la disponibilidad de recursos, condiciones climáticas o regímenes de perturbación. Por ejemplo, ciertas características de algunas especies de Pino, como su corteza gruesa y agrietada, su capacidad de autopoda y la alta inflamabilidad de sus hojas, son rasgos funcionales de respuesta a incendios rastroeros (Pausas, *et al.* 2017).

Los rasgos funcionales de efecto ocurren cuando un grupo de plantas tienen efectos similares en los procesos dominantes de un ecosistema (Salgado, 2007). Como, por ejemplo, la producción primaria, ciclación de nutrientes, especies promotoras de fuego, etc. (CATIE, 2011). La clasificación de los rasgos funcionales no es universal, estos se pueden clasificar dependiendo del propósito de un estudio, los ecosistemas donde se evalúan o el factor ambiental de interés. Por lo que siempre es necesario evaluar los rasgos de interés de cada localidad de interés (Díaz y Cabido, 2001).

### **a. Grosor de corteza (Gc)**

La corteza es la capa más externa de las plantas leñosas, ésta se encuentra fuera del cambium vascular y está compuesta por floema secundario. Existe una compensación entre el grosor de la corteza, la rigidez que genera y la capacidad para almacenamiento de agua. La corteza también puede determinar el tamaño de los vasos conductores, así como la conductividad hidráulica de las plantas. (Salgado, 2015).

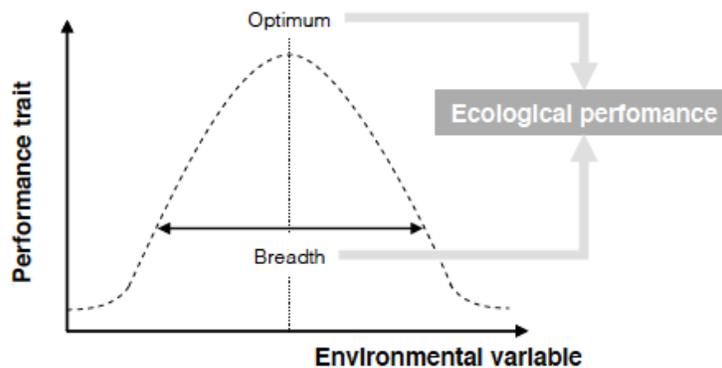
La corteza es un rasgo funcional clave para ecosistemas con una alta probabilidad de incendios y patógenos (Lawes, *et al.* 2011). La inversión en el grosor de la corteza puede ser un rasgo adaptativo en bosques que experimentan incendios rastreros (Casals, *et al.* 2018). En el altiplano guatemalteco, donde los incendios forestales son recurrentes, Es probable que especies de *Pinus* y *Quercus* hayan desarrollado corteza gruesa para resistir a incendios (Harvey, *et al.* 2019). El gasto de energía destinado para aumentar el grosor de la corteza, se compensa con la capacidad de proteger los tejidos meristemáticos ante el calor de los incendios (Pellegrini, *et al.* 2017).

El estudio de la corteza de los árboles permite relacionar el grosor de este rasgo con la ecología y perturbaciones del hábitat en donde estos se encuentren (Casals, *et al.* 2018).

### **3. Diversidad funcional**

La diversidad funcional es el valor, rango y abundancia relativa de los rasgos funcionales de un ecosistema (Díaz, *et al.* 2007). La diversidad funcional puede afectar a corto plazo la dinámica de recursos ecosistémicos y a largo plazo, la estabilidad de un ecosistema. (Echeverría-Londoño, *et al.* 2019). La dinámica de recursos puede ser afectada por el “efecto de selección”, en donde a mayor riqueza de especies en una comunidad, mayor es la probabilidad de especies que tengan rasgos específicos de respuesta, teniendo un estado óptimo dependiente de la variable ambiental (Figura 1). Este tipo rasgos determinan el funcionamiento de un ecosistema y da una respuesta llamada “efecto complementario de nicho”: a mayor diversidad, mayor es el rango de rasgos funcionales que van a ser representados (Díaz y Cabido, 2001). La diversidad de especies y la diversidad funcional pueden generar cambios en la estructura forestal de un bosque y la composición de especies a lo largo de una sucesión (Schmid *et al.*, 2002; Lohbeck, *et al.* 2012).

Se puede decir que la diversidad funcional se ve determinada por el clima, tipo de uso de tierra, composición atmosférica y cambios bióticos. Mientras que la diversidad de especies puede determinar procesos ecológicos como la producción primaria, ciclo de nutrientes, dinámicas del ciclo del agua y resiliencia. también puede determinar los servicios ecosistémicos como alimento, refugio, regulación del clima, valor cultural, etc (Díaz, *et al.* 2007).



**Figura 1.** Desempeño ecológico en su estado óptimo con base en los rasgos y diversidad funcional

(Violle, *et al.* 2007)

El interés por la diversidad funcional ha crecido en el campo de la investigación. Ha funcionado para identificar efectos de perturbaciones y lo ha relacionado con los servicios ecosistémicos (CATIE, 2011). Los rasgos funcionales se pueden medir a nivel de individuos, por lo que no se necesita información adicional del ambiente para entenderlos (Violle, *et al.* 2007). La cuantificación de la diversidad funcional provee una visión que permite entender mejor la relación entre la estructura de una comunidad, funcionamiento del ecosistema y la provisión de servicios ecosistémicos (Díaz, *et al.* 2007).

#### 4. Contribuciones de la naturaleza a la gente y servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que dan los ecosistemas a la sociedad. Durante los años más recientes, los servicios ecosistémicos han cobrado más importancia para la conservación, debido a los avances en la ciencia, la valoración económica y la capacidad social de valorizar los servicios (Díaz, *et al.* 2015). La evaluación de ecosistemas del milenio clasifica los servicios ecosistémicos en cuatro categorías: (1) abastecimiento (madera, alimentos, etc.), (2) regulación (clima, patrones ambientales, etc), (3) soporte de otros servicios como control para producción de alimentos, contaminación y (4) servicios culturales, en donde la gente y las comunidades se ven identificadas por los ecosistemas (Chan, *et al.* 2006).

##### a. Regulación a incendios

Los incendios son comunes en varios ecosistemas a nivel mundial. Son procesos estructurales que ocurren a lo largo de varios años en algunos tipos de bosques y sus características dependen de los gradientes ambientales, composición del bosque y temperaturas (Flannigan, *et al.* 2005). Los incendios son un tipo de perturbación que puede determinar los procesos ecológicos de un ecosistema (Chapin *et al.* 2012).

Los impactos ambientales de los incendios forestales tropicales pueden ser a nivel global o local, desde impactos en la retención de agua en los bosques, hasta cambio climático a nivel regional (Cochrane, 2009). El fuego y los incendios naturales han existido desde millones de años atrás, pero actualmente el régimen de incendios en países como Guatemala, se ve determinado y acelerado por actividades antropogénicas (Pausas, *et al.* 2004).

Los incendios en la RUMCLA se consideran como una amenaza que puede afectar la integridad ecológica, pero que han estado presentes desde hace más de mil años en el Altiplano de Guatemala (CONAP, 2018; Harvey, *et al.* 2019). Existe un registro de ocurrencia de incendios en la región desde 1999 En la RUMCLA se ha observado que existe una mayor frecuencia de incendios en el lado norte (Panajachel, Sololá, Santa Catarina Palopó y San José Chacayá) (Secaira, 2020). En la década de 1999 a 2009 hay una tendencia de disminución de número de incendios grandes en bosques mixtos y un incremento en el número de incendios grandes en bosques latifoliados. Siendo la fragmentación de los ecosistemas una de las principales causas, junto con la disponibilidad de combustión, siendo un proceso de variabilidad climática (Girón, 2010).

Muchas plantas y principalmente árboles han generado adaptaciones que les permiten soportar incendios frecuentes. Las adaptaciones no solo benefician y previenen el daño de las mismas plantas, sino en general son capaces de regular los efectos de un incendio a nivel de un ecosistema completo (Pausas, *et al.* 2004). Algunos rasgos funcionales de tolerancia o respuesta al fuego de las plantas se relacionan con la densidad de la madera, la corteza y la capacidad de rebrote. Estos pueden ejercer una influencia importante sobre la mortalidad de los árboles de los incendios (Brando *et al.* 2012). Existen tres estrategias principales de las plantas ante un incendio: estrategia inflamable-rápida, estrategia inflamable-caliente y estrategia no inflamable (Pausas, *et al.* 2017).

Las plantas con la estrategia inflamable-rápida son capaces de quemarse con mayor rapidez y tener una alta tasa de ignición, lo que hace que un incendio sea más rápido (Pausas, *et al.* 2017). Esto reduce los efectos en la composición del ecosistema (Pausas, 2015). La estrategia de inflamable-caliente se basa en que algunas plantas producen incendios generando altas temperaturas. Su fin no es sobrevivir como individuos, sino dejar condiciones favorables para su descendencia. Por último, existe una estrategia no-inflamable, en donde la corteza juega un papel muy importante en la prevención de daño por incendios. El grosor de la corteza puede determinar un tipo de “escape del fuego”, en donde un árbol con un mayor grosor de corteza tendrá la capacidad de no sufrir daños en sus tejidos por las temperaturas o el fuego. Este tipo de adaptaciones son muy comunes en algunas especies de *Quercus* (Pausas, *et al.* 2017).

## **5. El paradigma actual: biodiversidad y bienestar humano**

La biodiversidad y la actividad antropogénica están entrelazadas. El humano ha modificado más de tres cuartos de toda la biosfera terrestre, teniendo un impacto directo e indirecto en la biodiversidad del planeta (Ellis, 2013). La especie humana no puede sobrevivir sin la biodiversidad y todos los servicios que la misma presta. Las necesidades humanas han sido y siguen siendo satisfechas gracias al uso de la tierra, clima, ciclos biogeoquímicos y diversidad de especies (Balvanera, *et al.* 2006).

La naturaleza es indispensable para el bienestar humano, la mayoría de las contribuciones de la biodiversidad y la naturaleza son irremplazables y no se pueden sustituir

(IPBES, 2019). Existen seis elementos claves que relacionan la biodiversidad con el humano: naturaleza, beneficios de la naturaleza para las personas, activos antropogénicos, instituciones y sistemas de gobernanza y otros impulsores del cambio, impulsores directos del cambio y la buena calidad de vida. Los cuales fueron propuestos por el marco conceptual del IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas). Estos elementos se relacionan entre sí y durante los años han mostrado que tienen una relación con la calidad de vida (Díaz, *et al.* 2015).

## **6. Pago por servicios ambientales**

Los problemas de conservación han llevado a generar soluciones que permitan conservar los recursos, pero al mismo tiempo generar ingresos a partir de estos y así beneficiar a las personas (Pagiola, 2008). El concepto de Pago por Servicios Ambientales (PSA) es una herramienta que se ha usado en Latinoamérica para tener un valor monetario por la protección de los recursos naturales y la biodiversidad. Los pagos por servicios ambientales generan ingresos que funcionan como un incentivo para las personas encargadas de proteger y manejar un área determinada o un ecosistema en específico. Esta es una manera de tener mayor control de las áreas y un manejo de conservación (FAO, 2009).

En Guatemala existen distintos métodos de pagos por servicios ambientales, principalmente en la actividad forestal. Existen mecanismos de pagos de servicios como el mecanismo de PSA hídricos por la UICN, Fondo del Agua de Defensores de la Naturaleza, PSA hídrico de Fundaeco, programas nacionales forestales como PROBOSQUE (Le Coq, 2012). El mercado de carbono también es una manera en que Guatemala recibe pagos por servicios ambientales, esto se hace por medio de ventas de bonos de carbono por medio de mercado regulado y mercado voluntario (Marn, 2015).

Los programas estatales, PINFOR y PINPEP, fueron creados para promover la reforestación y conservación de los bosques. PINFOR se creó en 1997, funcionando como un programa de reforestación a tierras extensas, generando ingresos para los dueños de las tierras. Por otra parte, en 2008, se creó el Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal (PINPEP) el cual es específico para terratenientes a menor escala, los cuales poseen bosques de 0 a 15 ha (Le Coq, 2012). PINPEP se establece en el Decreto 51-2010 en el Congreso de la República de Guatemala, estableciendo las actividades de cumplimiento para los propietarios de: Plan de Manejo Forestal de Bosque Natural con fines de producción y protección, Plan de Manejo Forestal para establecimiento y manejo de plantaciones forestales o sistemas agroforestales para áreas mayores a 5 hectáreas y Formatos para áreas menores a 5 hectáreas para los proyectos de establecimiento de plantaciones forestales y sistemas agroforestales (INAB, 2010).

El mecanismo más reciente creado por INAB es el programa de incentivos forestales PROBOSQUES, el cual se implementó en 2015. En este mecanismo pueden aplicar las personas que son propietarios de tierras, agrupaciones sociales, arrendatarios de áreas de reservas y cooperativas o comunidades con tenencia comunal. Como objetivo se tiene mantener y promover el manejo sostenible de los bosques. En el mecanismo se aplica un Manejo de Bosques Naturales para fines de protección y provisión de servicios ambientales. Para ello se puede implementar bajo la modalidad de: (1) Protección de Bosques para fuentes de Agua, (2) Conservación de Diversidad Biológica, (3) Ecoturismo, (4) Protección de Sitios Sagrados y (5) Conservación de Germoplasma (INAB, 2015).

## 7. Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA)

### a. Datos geográficos

La reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA) es un área protegida que se encuentra principalmente en el departamento de Sololá, Guatemala, aunque abarca otros cuatro municipios. Está conformada por 19 municipios de Sololá, algunos de Suchitepéquez, Quiché, Totonicapán y Chimaltenango y es el área protegida más extensa de la cadena volcánica del altiplano. Esta reserva provee de servicios ecosistémicos para miles de personas, tales como regulación de caudales, recursos forestales, pero también un valor cultural y servicios de turismo. (CONAP, 2018).

### b. Características fisiográficas

El área cuenta con diferentes pisos altitudinales debido a su topografía accidentada. Del lado sur de la reserva, la altitud puede llegar a 700 msnm, mientras que la mayor altitud se registra en el volcán Atitlán, llegando a 3,587 msnm. Esto permite que exista una gran diversidad de ecosistemas y especies (Dix, *et al.* 2003). Además de la topografía y el relieve, el área está integrada por cuatro cuencas hidrológicas: las cuencas del río Motagua (norte), río Nahualate (oeste) y el río Madre Vieja (este) y la cuenca del Lago de Atitlán. (CONAP, 2018).

### c. Tipos de bosques

La reserva cuenta con diferentes tipos de ecosistemas: bosques latifoliados, bosques mixtos, bosques de coníferas de altura y bosques estacionalmente secos. El bosque mixto (pino-encino), ocupa una superficie de 78.07 km<sup>2</sup>, con un rango de altitudes de los 1,500 a 3,200 msnm. Los servicios que estos prestan a las comunidades y a la región se basan principalmente en recursos forestales, recurso hídrico, recursos alimenticios, belleza escénica, materia prima, entre otros (MARN, 2018).

Los bosques mixtos de la cuenca corresponden a las zonas de vida, bosque húmedo montano bajo subtropical, bosque muy húmedo montano bajo subtropical, bosque muy húmedo subtropical y bosque muy húmedo montano subtropical. Este tipo de bosque se ve caracterizado por especies como *Quercus tristis*, *Q. peduncularis*, *Pinus pseudostrobus*, *P. maximinoii*, etc. El uso de este bosque para las comunidades es de importancia ya que provee servicios como leña, plantas medicinales, árboles frutales y plantas comestibles (CONAP, 2018).

El bosque estacionalmente seco se caracteriza por ser deciduo y con especies con follaje reducido. Las especies dominantes son palo de jiote (*Bursera simaruba*), yaje (*Leucaena diversifolia*), palo de lagarto (*Zanthoxylum fagara*), así como especies de las familias Cactaceae o Asparagaceae (Secaira, 2018).

Los bosques latifoliados en la RUMCLA tienen un área aproximada de 151.94 km<sup>2</sup> y ocurren en un intervalo altitudinal de 2,700 a 3,100 msnm. Se caracteriza por tener más especies que los bosques de coníferas y los bosques mixtos. Se encuentran especies como *Quercus skinneri*, *Q. benthamii*, *Q. lancifolia*, *Oreopanax xalapensis*, *O. echinops*, *Ocotea salvinii*, entre muchas otras. En este existen muy pocas especies de coníferas.

Los bosques de coníferas de altura se encuentran en dos áreas bien diferenciadas, una al sur de la cima del volcán Atitlán entre los 3,100 a 3,500 msnm y otra al parte en la montaña María Tecún entre los 3,100 a 3,400 msnm. Este se caracteriza por tener una dominancia casi

completa de especies de coníferas de los géneros *Abies* y *Pinus*. Su riqueza de especies es relativamente menor a otros bosques, sin embargo, su estrato arbóreo abarca especies como ciprés común (*Cupressus lusitanica*), patux (*Buddleia megalcephala*), arrayán (*Baccharis vaccinioides*) y huelle de noche (*Cestrum guatemalense*) y algunas especies de la familia Asteraceae (Dix, *et al.* 2003; MARN, 2018).

## **8. Flora de San Andrés Semetabaj**

La flora de San Andrés Semetabaj tiene pocos remanentes de bosque. La asociación forestal predominante para el municipio es de bosques de pino-encino, en donde además de especies de *Pinus* y *Quercus*, hay especies de gran importancia como *Cupressus lusitanica* y *Alnus jorullensis*. Existen varias especies de más de 76 familias, conformado por Asparagaceae, Bignoniaceae, Burseraceae, Fabaceae, Rubiaceae, entre otras. Algunas otras especies de gran importancia en San Andrés Semetabaj son: izote (*Yucca gigantea*), jocote (*Spondias purpurea*), mano de león (*Oreopanax xalapensis*), cactus (*Mammillaria* sp), palo de pito (*Erythrina berteroana*), palo de jiote (*Bursera simaruba*), cedro (*Cedrela tonduzii*), huelle de noche (*Cestrum aurantiacum*), entre muchas especies más (Secaira, 2018). La vegetación de San Andrés Semetabaj, también se ve caracterizada por algunos cultivos de maíz, frijol, calabazas y algunas plantaciones de café (FODECYT, 2006). En San Andrés Semetabaj, también se promovió el establecimiento de 16 ha de siembras de aguacate hass (CONAP, 2018).

### III. JUSTIFICACIÓN

Los diferentes ecosistemas en Guatemala han sido de gran importancia para la población (CONAP, 2012). La adaptación basada en ecosistema (AbE), se refiere a la utilización de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para adaptarse al cambio climático y global (Lhumeae y Cordero, 2012). Al comprender la situación actual de Guatemala, es evidente que es necesario fomentar proyectos de conservación en los bosques.

Desde un aspecto nacional, la investigación promueve cumplir los objetivos establecidos en la Estrategia Nacional para la Conservación y el Uso Sostenible de la Biodiversidad (ENB). La investigación en la Reserva ayuda a fortalecer y enriquecer el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, abordando la conservación de ecosistemas en el territorio nacional (CONAP, 2011). La conservación de bosques también cumple objetivos a nivel internacional. Guatemala se ha comprometido a cumplir objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica, las cuales promueven reducir como mínimo la mitad de la pérdida de los hábitats naturales (Aguilar *et al.* 2014). Realizar este tipo de estudios promueve el cumplimiento de otras metas destinadas a la conservación, como las metas de Aichi y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015).

Los bosques de la región de la RUMCLA tienen una alta importancia, ya que albergan una gran cantidad de especies de flora y fauna. Muchas personas siguen dependiendo de los recursos de estos bosques, como alimento, medicina, leña, turismo y también muchas actividades culturales y tradicionales. Lomas de Atitlán se encuentra clasificado, bajo el enfoque de zonas de vida, como Bosque Húmedo Montano Bajo, pero fisiónómicamente se clasifican en bosque de pino-encino y bosque estacionalmente seco. Estos bosques que albergan muchas especies de importancia para San Andrés Semetabaj, como *Quercus*, *Pinus*, *Cupressus* y muchas otras, por lo que es necesario contar con estrategias de trabajo que fomenten la restauración y conservación de la biodiversidad de la Reserva. (Secaira, 2018). La Reserva Natural Lomas de Atitlán posee bosque mixto y latifoliado, y según la zonificación de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA), se encuentra en la zona de bosques protectores correspondiente al sector de Panajachel y Patanic (MARN, 2018). La Reserva es uno de los últimos remanentes de bosque en el municipio y cuenta con varios nacimientos de agua. La reserva presta servicios ecosistémicos de soporte, regulación (clima, agua, erosión), abastecimiento (leña y madera) y culturales (recreación, identidad e investigación) a la Asociación de Vecinos de Lomas de Atitlán, y servicios de regulación (clima, control de erosión) a la población de San Andrés Semetabaj y Panajachel (Secaira, 2018). La caracterización de la estructura y composición de los bosques de la Reserva, la priorización de áreas para la conservación y el estudio de su vulnerabilidad a incendios permitirá a la Junta Directiva de la Asociación de Vecinos la toma de decisiones acertadas para conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Realizar una investigación en la Reserva Lomas de Atitlán, permitió conocer la composición arbórea del bosque, permitiendo conocer que especies predominan, la composición del bosque y la distribución de los tipos de bosques. Esto permite entender la dinámica ecológica del bosque. En el caso específico del rasgo funcional analizado, grosor

de corteza, se puede entender la composición del bosque y la identificación de áreas resilientes a incendios. En la reserva se han registrado incendios, siendo el bosque seco el área más vulnerable por la ubicación, pero también teniendo un nivel de amenaza alta para el bosque de pino-encino. Este análisis permitió entender como un rasgo funcional tiene un impacto en el ecosistema ante distintas perturbaciones, en este caso como el grosor de corteza puede reducir o aumentar el impacto de incendios futuros en la Reserva Lomas de Atitlán. La prevalencia de los incendios en la región ha ido aumentando en los últimos años, siendo en 2019 el último incendio en Lomas de Atitlán, por lo que la investigación permite evaluar la respuesta del bosque ante un incendio y ayudar a prevenir alteraciones de la dinámica forestal de la reserva.

La investigación generó datos importantes para la búsqueda de mecanismos de sostenibilidad financiera para la Reserva. La caracterización de la estructura y composición del bosque de Lomas de Atitlán permitió elaborar el plan de manejo forestal, el cual forma parte del expediente para optar a incentivos económicos de PROBOSQUES bajo la modalidad de Manejo de Bosques naturales con fines de Protección, Fuentes de Agua.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### **A. Objetivo general:**

- Caracterizar la composición del bosque y la susceptibilidad a incendios para la conservación de la diversidad biológica de la Reserva Natural Lomas de Atitlán, San Andrés Semetabaj, Sololá.

##### **B. Objetivos específicos:**

- Caracterizar la estructura y composición arbórea del bosque de la Reserva Natural Lomas de Atitlán.
- Evaluar la susceptibilidad del bosque ante a incendios forestales en función del grosor de corteza.
- Realizar un plan de manejo forestal para el ingreso de la Reserva Natural Lomas de Atitlán al programa de PROBOSQUES.

## V. METODOLOGÍA

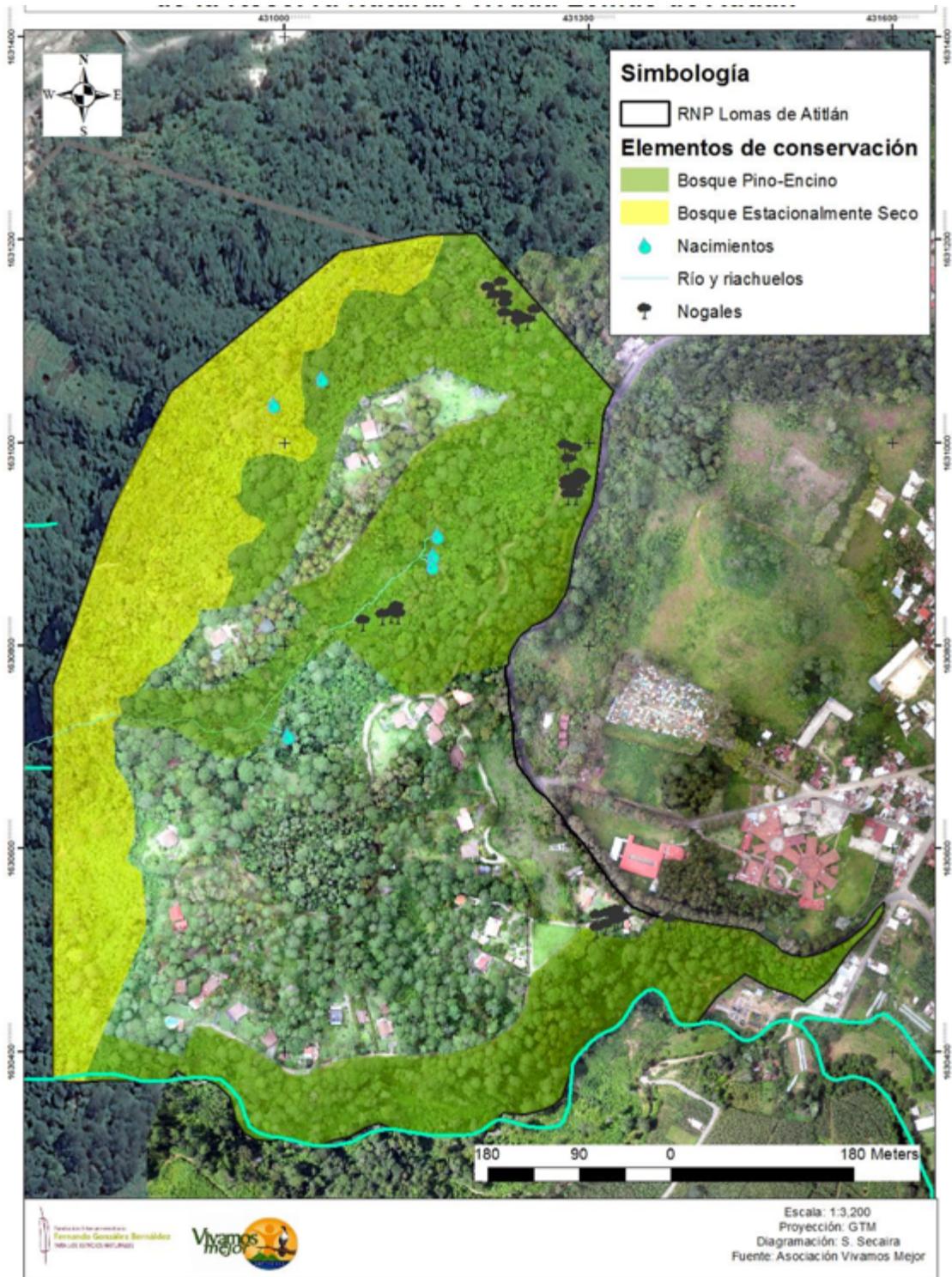
### A. Área de estudio

La Reserva Natural Lomas de Atitlán se ubica en el municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá, y se encuentra en proceso de inscripción al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) bajo la categoría de Reserva Natural Privada. El área de conservación lo conforman 22.10 hectáreas de bosque en un intervalo altitudinal de 1780 a 1960 msnm, con una temperatura media de 15° a 18°C y con una precipitación anual de 1,200 a 1,400 mm. La reserva se encuentra dentro de la microcuenca del Río el Tzalá, en la subcuenca San Francisco, segunda subcuenca más importante para la cuenca del lago de Atitlán (Secaira, 2018).

La reserva se caracteriza por un bosque mixto y un bosque estacionalmente seco. También existen áreas donde la composición florística responde a la presencia de riachuelos. En el bosque mixto predominan especies coníferas y especies de hoja ancha, como *Pinus pseudostrobus*, *Cupressus lusitanica*, *Quercus tristis*, *Oreopanax xalapensis* y *Ostrya virginiana*. Mientras que el bosque estacionalmente seco, se caracteriza por especies como *Leucaena diversifolia*, *Bursera simaruba*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Cnidoculus tubulosus*, *Eysenhardtia adenostylis*, Cactaceae, Agavaceae, entre otras. La Reserva Natural Lomas de Atitlán incluye las zonas de vida Bosque Húmedo Montano Bajo subtropical y Bosque Seco Montano Bajo subtropical, aunque falta información climática para confirmar esta última (Secaira, 2018).

La reserva cuenta con un listado de 150 especies vegetales, de 129 géneros y 76 familias. Se tienen registradas 88 especies de aves, 12 especies de herpetofauna y 11 especies de mamíferos. También cuentan con listados de insectos y hongos. Sin embargo, aún se reportan vacíos (Secaira, 2018).

La reserva posee ciertas amenazas: reducción en la disponibilidad de agua, incendios forestales, aguas contaminadas por falta de manejo de la planta de tratamiento, gorgojo de pino, falta de regeneración de nogal, manejo inadecuado de desechos sólidos y extracción ilegal de leña. Por otra parte, el cambio climático es una de las principales amenazas para la biodiversidad y ecología de Lomas de Atitlán a mediano y largo plazo. En la reserva también se realizan esfuerzos para contrarrestar o prevenir las amenazas mencionadas, entre ellas están: monitoreos de seguridad, plagas e incendios, realización y mantenimiento de brechas cortafuegos, sistema de hidrantes dentro de la reserva, monitoreo de extracción ilegal o invasión. (Secaira, 2018).



**Figura 2.** Mapa de Área de Estudio, Reserva Natural Lomas de Atitlán.  
(Secaira, 2018)

## **B. Muestreo**

### **1. Colecta de muestras de árboles para herbario**

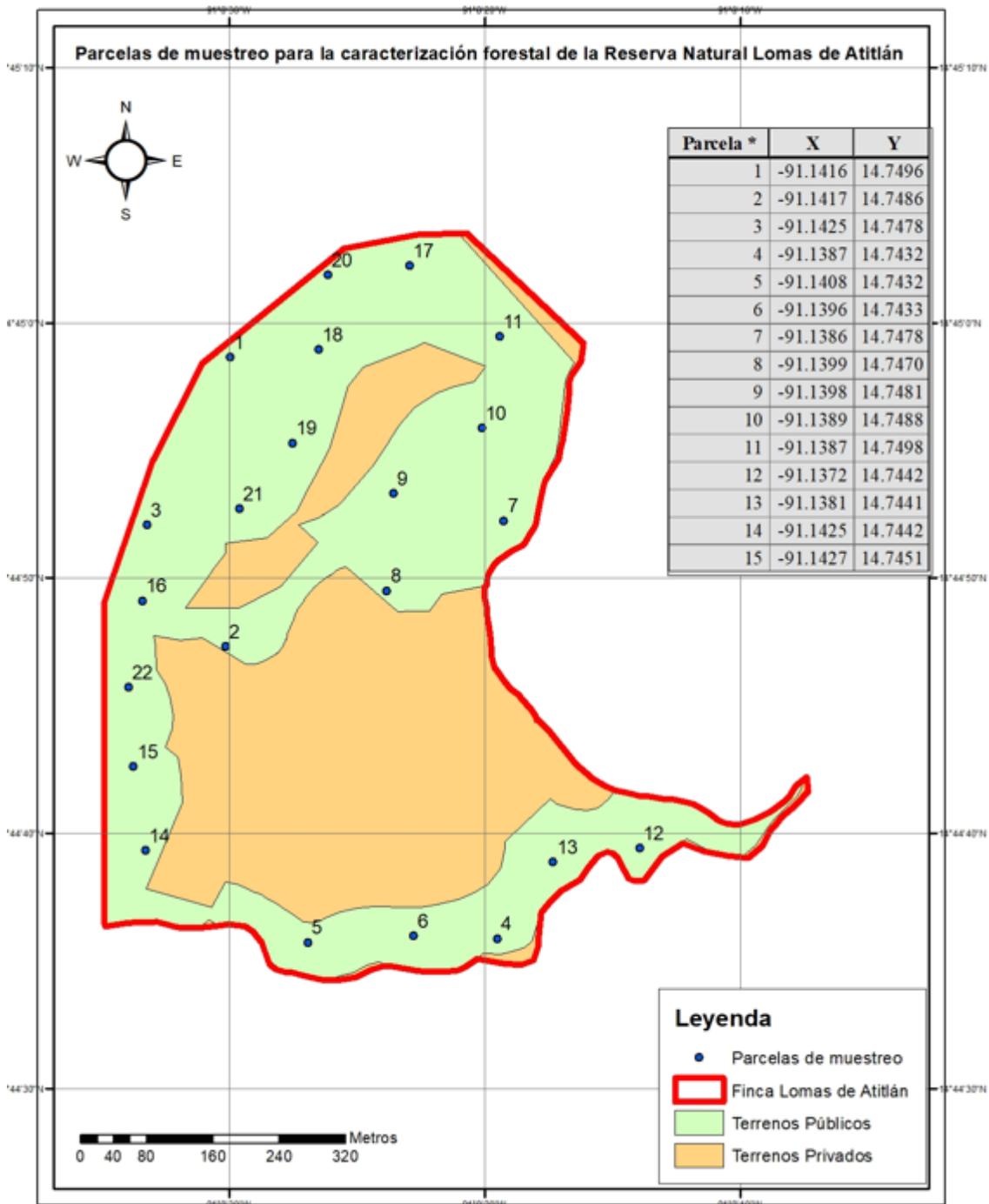
Se realizaron caminatas *ad libitum* dentro de la reserva para generar un herbario de referencia de las especies de árboles. Se colectó material botánico de todos los árboles de la Reserva Natural Lomas de Atitlán. Para la colecta de plantas se utilizaron bolsas de colecta, tijeras podadoras, guacamaya, masking tape, marcadores, papel periódico, prensas botánicas. El material colectado debe cumplir ciertos requerimientos ideales para su identificación, por lo que se trató de tener muestras de mínimo 30 cm de largo, con material vegetativo con hojas. Idealmente se colectaron con presencia inflorescencia, frutos o flores de cada muestra, para facilitar la identificación. Se tomaron fotografías de las plantas antes de colectarlas, enfocándose en la corteza, color de flores, tamaño, etc. Las especies de plantas fueron identificadas con ayuda de guías locales y con guías de identificación utilizando Flora de Guatemala (1946) y cualquier listado de ayuda. El material vegetal colectado fue herborizado y depositado en el Herbario UVAL de la Universidad del Valle de Guatemala. Al finalizar la identificación se procedió a realizar un listado de especies con su nombre científico, nombre común, familia y la evaluación de estado de conservación en la Lista Roja de especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y del Listado de Especies Amenazadas (LEA) de CONAP.

### **2. Levantamiento de parcelas**

Se muestreó de forma sistemática un 5 % del área de conservación de la Reserva Natural Lomas de Atitlán. Para ello se realizó mapa con una malla de muestreo en ArcGis utilizando la capa de la Reserva Lomas de Atitlán. Se trabajó con una generación de un fishnet trabajando desde “Data management tools”. En campo se evitaron las parcelas en lugares con alta y muy alta pendiente. Se levantaron un total de 22 parcelas circulares de 12.7 m de radio teniendo un total muestreado de 1 hectáreas (Figura 2). Se utilizó la aplicación Avenzamaps para ubicar y georeferenciar las parcelas en campo.

Para el establecimiento de las parcelas se utilizó una cinta métrica y flagging para marcar las zonas en las que se realizó el muestreo. Dentro de cada parcela se muestreó y midió cada árbol que tuviera un DAP mayor a 5 cm. Se utilizó una cinta diamétrica, tijera de ramas alta y todos los materiales utilizados en las caminatas y colectas, mencionados anteriormente.

La Figura 3 muestra un mapa de los puntos de muestreo dentro del bosque de Lomas de Atitlán.



**Figura 3.** Mapa de muestreo sistemático para la realización de las parcelas en el área común de Lomas de Atitlán.

### 3. Medición de rasgo funcional

#### a. Grosor de corteza

Se midió el rasgo funcional grosor de corteza para todas las especies de árboles que estuvieron presentes en las parcelas. Se midió el grosor de la corteza de 5 individuos por cada especie de árbol. Se midió la corteza en milímetros utilizando un machete y una regla, por cada árbol se realizando 3 mediciones a la altura del pecho, Para estimar el grosor de la corteza de cada especie, se promedió el valor de la medición de los cinco individuos. No fue posible obtener 5 muestras de las especies *Croton verapazensis*, *Frangula capreifolia*, *Pinus montezumae*, *Piper schiedeianum*, *Piper martensianum* y las morfoespecies, por lo que para los análisis estadísticos estas especies fueron obviadas al igual que las tres especies de *Quercus* (*Quercus crassifolia*, *Quercus peduncularis*, *Quercus tristis*).

### C. Análisis de datos

#### 1. Curva de acumulación de especies

Se realizó una curva de acumulación de especies utilizando el programa Rstudio, para ello se utilizó el paquete “vegan”, el cual permite utilizar la función de curvas de acumulación de especies.

#### 2. Clases diamétricas

Se utilizaron los datos obtenidos en las mediciones realizadas en las parcelas (mediciones de DAP, altura, área basal, densidad de árboles, índice de importancia y listados de especies). La agrupación por especie se realizó con base en a su clase diamétrica por hectárea, es decir que los datos de DAP de cada especie serán agrupados por los rangos de las mediciones de DAP en cm. Las agrupaciones se realizaron de la siguiente manera: árboles con DAP menores a 5; 5 - < 10; 10 -< 20; 20 -< 30; 30 -< 40; 40 -< 50; 50 -< 60; 60 -< 70; >70. Esto permitió agrupar cada árbol de cada especie según su DAP y así poder obtener el área basal de las especies y por individuo. Esta agrupación también permitió determinar el total de árboles de todas las especies por área basal o cada clase diamétrica. La clasificación de las clases diamétricas permitió visualizar como se encuentran distribuidas las especies en cuanto a su tamaño. Esto permitió evaluar el nivel de madurez del bosque o predecir si hay una mayor distribución de tamaños, siendo así especies con más probabilidad de permanecer dentro del bosque en los próximos años. Por otra parte, se realizó un análisis para determinar el DAP promedio y la Altura total promedio de cada especie y de todo el bosque caracterizado.

### 3. Determinación del IVI

Se determinó un índice de valor de importancia con los datos colectados en el muestreo de parcelas. El cual sirvió para determinar la composición forestal de cada parcela y así determinar las especies con mayor importancia para el bosque de la reserva.

$$IVI = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

#### a. Abundancia absoluta y relativa

$$Densidad\ relativa = \frac{N_s}{N} \times 100$$

$N_s$  es el número de individuos de una especie y  $N$  es el número de todas las especies.

#### b. Frecuencia absoluta y relativa

$$F_s = \frac{N_{qs}}{N_q} \times 100$$

$F_s$  es la frecuencia de cada especie,  $N_{qs}$  es el número de cuadratos en donde se encuentra la especie y  $N_q$  es el número total de los cuadratos.

#### c. Dominancia absoluta y relativa

$$Dominancia\ relativa = \frac{\sum AB_s}{\sum AB} \times 100$$

$\sum AB$  es la sumatoria del área basal de una especie, mientras que  $\sum AB$  es la sumatoria del área basal de todas las especies.

Para el análisis de los datos se utilizó Rstudio 4.0.2. Para el cálculo de IVI se realizó un conteo de los individuos por especie con la función “tally()”, luego se calculó la densidad relativa de cada especie (número de individuos/total de todos los individuos). Luego se calculó la ocurrencia de cada especie por medio de la función “unique()” y se calculó la dominancia relativa y el área basal total de cada especie para proceder a calcular el IVI. Para comprobar el resultado, se comprobó que la suma total fuera de 300 de todos los IVIs.

### 4. Grosor de corteza

Para el análisis de datos del grosor de corteza se usó Rstudio version 4.0.2. Se realizaron dos análisis principales, uno del grosor de corteza entre especies y el otro sobre el grosor de corteza entre tipos de bosque. Para las bases de datos utilizadas se realizaron pruebas de normalidad para comprobar si cumplían los parámetros, por medio de la prueba de Shapiro-Wilk, se pudo observar que ninguna cumplía con los parámetros de normalidad por lo que se procedió a utilizar pruebas no paramétricas para el análisis de datos.

Para la comparación de grosor de corteza entre especies se utilizó la prueba de Kruskal Wallis (“kruskal\_test”), la cual es una prueba no paramétrica que no asume normalidad. Se procedió a utilizar la prueba de Comparaciones Múltiples de Dunn (“dunn\_test”) como prueba post HOC, la cual permite determinar que medias de los datos difieren. Con esta prueba fue posible determinar si existía una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) del grosor de corteza entre especie.

Para la comparación de grosor de corteza entre tipos de bosque (Pino-encino, estacionalmente seco y de Ribera) fue necesario realizar un ajuste de categorización de las especies. Al trabajar con los tres tipos de bosque, la desviación estándar de Pino-encino era muy alta. Debido a que la diferencia de grosor de corteza entre *Pinus* y *Quercus* contra las

otras especies de este bosque era muy alta. Se recategorizaron las especies de este ecosistema teniendo un grupo de Pino-encino solo con las especies de *Pinus* y *Quercus* y otro grupo de las especies de Pino-encino que no fueran *Pinus* y *Quercus*. Se realizaron las mismas pruebas de normalidad y de comparación de medias (shapiro y kruskal). Mientras que para la prueba de comparación de tipo de bosque se utilizó la prueba de Wilcoxon (“wilcox\_test”), la cual evalúa todas las posibles combinaciones de grupos, por lo que comparó si existía diferencia significativa entre pino-encino (Pinos y encinos) con pino-encino (otros), pino encino (otros) con bosque de ribera, pino-encino (otros) con bosque seco, pino-encino (pinos y encinos) con bosque de ribera, pino-encino (pinos y encinos) con bosque seco y bosque de ribera con bosque seco.

## **5. Generación de mapas**

Se generaron mapas utilizando los sistemas de información geográficos, el programa ArcGis 10. Se utilizó como base el shapefile de Lomas de Atitlán y la malla de puntos muestreados, ya conteniendo lo datos de campo como tabla de atributos.

Se realizaron mapas de riqueza de especies, distribución de las especies, DAP medio y grosor medio de corteza. La elaboración de los mapas consistió en interpolaciones. Las interpolaciones se realizaron en base a una tabla de atributos que contenía: Número de parcela, Número de individuos por especie (solo se realizaron los mapas para las 10 especies con niveles más altos de IVI), Riqueza, Corteza (mm) media y DAP (cm) medio. Para las interpolaciones se utilizó la herramienta IDW de Arcgis, la cual determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente del conjunto de los puntos de muestreo. Para ello se combinaron distintos valores, combinando las parcelas con cada una de las distintas variables por separado.

## **6. Elaboración del plan de manejo para ingreso a PROBOSQUE**

Con los datos de las parcelas se elaboró el plan de manejo forestal para ingresar a la Reserva Lomas de Atitlán al programa de incentivos de PROBOSQUES del INAB. Se utilizó el formato del Instituto Nacional de Bosques, optando a modalidad de “Plan de Manejo de Bosque Natural, Protección de Fuentes de Agua”.

## VI. RESULTADOS

### A. Caracterización de la estructura y composición arbórea

#### 1. Listado de especies arbóreas

Se identificaron 80 especies de árboles, pertenecientes a 70 géneros y 41 familias. (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Listado de especies arbóreas presentes en la Reserva Lomas de Atitlán, San Andrés Semetabaj.

No.	Familia	Especie	Autor	Nombre común	Presente en parcelas	Estado de conservación LEA
1	Adoxaceae	<i>Viburnum hartwegii</i>	Benth.	Palo Verde	SÍ	NA
2	Adoxaceae	<i>Sambucus canadensis</i>	L.	Sauco	NO	NA
3	Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	L.	Jocote	NO	NA
4	Annonaceae	<i>Annona cherimola</i>	Mill.	Anona	SÍ	NA
5	Aquifoliaceae	<i>Ilex liebmannii</i>	Standl.	Ilex	SÍ	NA
6	Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>	(Kunth) Decne. & Planch.)	Mano de leon	SÍ	NA
7	Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp. 2	NA	Eupatorium	SÍ	NA
8	Asteraceae	<i>Senecio cobanensis</i>	J.M. Coult	Senecio	SÍ	NA
9	Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.1	NA	Eupatorium	SÍ	NA
10	Asteraceae	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	(L.) K.M. Becker	Taxiscobo	SÍ	NA
11	Asteraceae	<i>Verbesina</i> sp.	NA	Verbesina	SÍ	NA
12	Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i>	Kunth	Aliso	SÍ	NA
13	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i>	(Mill.) K.Koch	Duraznillo	SÍ	NA
14	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	(L.) Juss. Ex Kunth	Timboque	SÍ	NA

No.	Familia	Especie	Autor	Nombre común	Presente en parcelas	Estado de conservación LEA
15	Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	P.Beauv.	Llama del Bosque	NO	NA
16	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> **	D.Don	Jacaranda	NO	NA
17	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	(L.) Sarg	Palo de Jiote	SÍ	NA
18	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	(L.) Blume	Capulin	SÍ	NA
19	Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> **	L.	Casuarina	NO	NA
20	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i>	DC.	Zapotillo	SÍ	NA
21	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Mill.	Cipres	SÍ	NA
22	Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	(Mull.Arg.) I.M.Johnst.	Chichicaste de caballo	SÍ	NA
23	Euphorbiaceae	<i>Croton verapazensis</i>	Donn. Sm.	Croton	SÍ	NA
24	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	L.	Higuerillo	NO	NA
25	Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>	(Mill.) Kuntze	Chalí	NO	NA
26	Fabaceae	<i>Cojoba arborea</i>	(L.) Britton & Rose	Frijolillo	NO	NA
27	Fabaceae	<i>Calliandra houstoniana</i> <i>var.anomala</i>	(Kunth) Barneby	Cabello de angel	SÍ	NA
28	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Jacq.	Guachipilin	SÍ	3
29	Fabaceae	<i>Erythrina berteroana</i>	Urb.	Palo de Pito	SÍ	NA
30	Fabaceae	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	Baill.	Taray	SÍ	NA
31	Fabaceae	<i>Inga vera</i>	Willd.	Cushín	NO	3
32	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i>	(Schltdl.) Benth.	Yaje	SÍ	NA

No.	Familia	Especie	Autor	Nombre común	Presente en parcelas	Estado de conservación LEA
33	Fabaceae	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Donn.Sm.	Chaperno	SÍ	NA
34	Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i>	(Kunth) Benth.	Tepehuaje	SÍ	NA
35	Fagaceae	<i>Quercus acatenangensis</i>	Trel	Encino	NO	3
36	Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	Bonpl.	Encino	SÍ	3
37	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	Née	Encino	NO	3
38	Fagaceae	<i>Quercus tristis</i>	Liebm.	Encino	SÍ	3
39	Fagaceae	<i>Quercus skinneri</i> **	Benth.	Encino	NO	3
40	Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i>	Benth.	Cuachichic	SÍ	NA
41	Hydrophyllaceae	<i>Wigandia urens</i>	(Ruiz & Pav.) Kunth	Chocó	NO	NA
42	Juglandaceae	<i>Juglans olanchana</i> **	Standl. & L.O.Williams	Nogal	NO	2
43	Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Mill.	Aguacate	SÍ	NA
44	Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Kunth	Laurel	NO	NA
45	Malvaceae	<i>Chiranthodendrum pentadactylon</i> **	Larreat.	Kanak	NO	1
46	Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	Rose	Cajeto	SÍ	NA
47	Malvaceae	<i>Robinsonella cordata</i>	Rose & Baker f.	Jonote	SÍ	NA
48	Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i>	C.DC.	Cedro de Montaña	SÍ	2
49	Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	NA	Amate	NO	NA
50	Myricaceae	<i>Morella cerifera</i>	(L.) Small	Arrayan	SÍ	NA

No.	Familia	Especie	Autor	Nombre común	Presente en parcelas	Estado de conservación LEA
51	Myrtaceae	<i>Eugenia oerstediana</i> *	O.Berg	Eugenia	SÍ	NA
52	Myrtaceae	<i>Eucalyptus sp.</i> **	NA	Eucalipto	NO	NA
53	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	L.	Guayaba	NO	NA
54	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	(Wenz.) Lingelsh.	Fresno	SÍ	NA
55	Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i>	W.T. Aiton	Trueno	NO	NA
56	Onagraceae	<i>Fuchsia arborescens</i>	Sims	Flor de Verano	SÍ	NA
57	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	Lamb.	Pino triste	SÍ	NA
58	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Lindl.	Pino	SÍ	NA
59	Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i>	Schiede	Pino colorado	NO	NA
60	Piperaceae	<i>Piper schiedeianum</i>	Steud.	Piper	SÍ	NA
61	Piperaceae	<i>Piper martensianum</i>	D.C.	Piper	SÍ	NA
62	Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>	A.Cunn. ex R. Br.	Gravilea	NO	NA
63	Rhamnaceae	<i>Frangula capreifolia</i>	(Schltdl.) Grubov	Ilamo amarillo	SÍ	NA
64	Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i>	(Thunb.) Lindl.	Nispero	SÍ	NA
65	Rosaceae	<i>Prunus salasii</i>	Standl.	Cerezo de montaña	NO	2
66	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Ehrh.	Cerezo	NO	NA
67	Rubiaceae	<i>Chiococca phaenostemon</i>	Schltdl.	Trueno	SÍ	3
68	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	L.	Café	NO	NA
69	Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>	La Llave	Matazano	NO	NA
70	Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i>	(L.) Sarg.	Palo de Lagarto	SÍ	NA

No.	Familia	Especie	Autor	Nombre común	Presente en parcelas	Estado de conservación LEA
71	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Willd.	Sauce	NO	NA
72	Salicaceae	<i>Xylosma quichensis</i>	Donn. Sm.	Cacho de Venado	SÍ	2
73	Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i>	L.	Jaboncillo	NO	NA
74	Schoepfiaceae	<i>Schoepfia vacciniiflora</i>	Planch. ex Hemsl.	Cafe silvestre	SÍ	NA
75	Solanaceae	<i>Brachistus stramonifolius</i>	(Kunth) Miers	Tomatillo	NO	NA
76	Solanaceae	<i>Cestrum sp.</i>	NA	Huele de Noche	NO	NA
77	Solanaceae	<i>Cestrum aurantiacum</i>	Lindl.	Huele de noche	NO	NA
78	Taxodiaceae	<i>Taxodium huegelii</i>	C.Lawson	Sabino	NO	NA
79	Urticaceae	<i>Urera caracasana</i>	(Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Chichicaste	SÍ	NA
80	Verbenaceae	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Greenm.	Coralillo	SÍ	NA

*Categorías de estado de conservación de Listado de Especies Amenazadas (LEA) CONAP: Categoría 1 (especies en peligro de extinción), Categoría 2 (especies de distribución restringida a un solo tipo de hábitat) y Categoría 3 (especies que podrían llegar a estar en peligro de extinción si no se regula su aprovechamiento). (CONAP, 2009).*

*De las especies presentes únicamente *J. olanchana* se encuentra en la categoría en peligro de extinción de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y *Q. skinneri* clasificado como casi amenazado.*

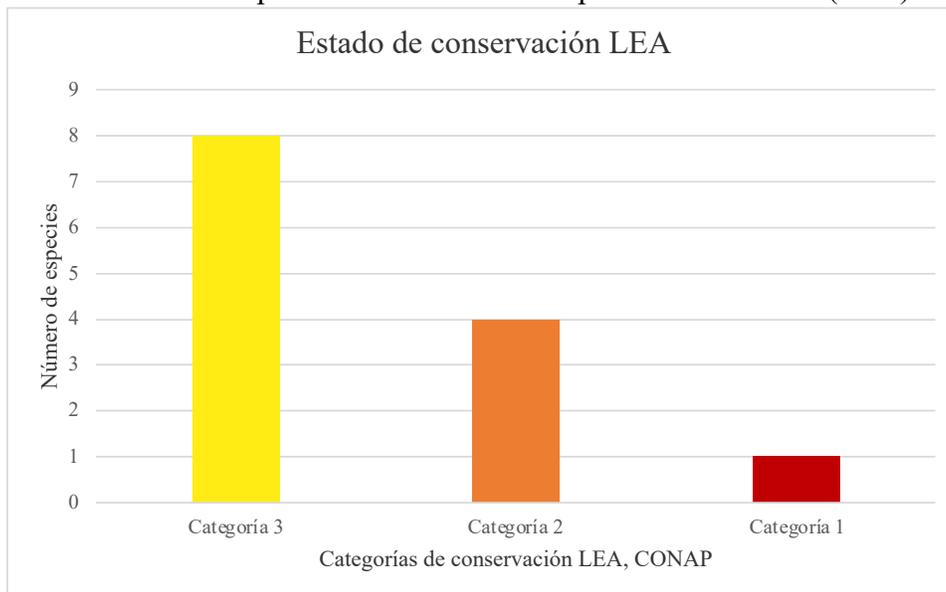
Especies con “\*” tienen una posible identificación pero falta confirmación, debido a falta de muestras frutos o flores. Mientras que las especies con “\*\*” son árboles que se encuentran únicamente en reforestación o plantadas, por lo que no existe una regeneración natural dentro del bosque.

Fuente: Elaboración propia

La caracterización forestal permitió registrar 80 especies arbóreas distribuidas en las 22 parcelas de la Reserva Natural Privada Lomas de Atitlán, de las cuales 5 no pudieron identificarse. La riqueza descrita en el Cuadro 1 se encuentra distribuida en 41 familias y 70 géneros distintos. Anteriormente se tenía un listado de 66 especies arbóreas en Lomas de Atitlán, por lo que la investigación permitió contabilizar 80 especies distribuidas en las parcelas de bosque pino-encino, bosque estacionalmente seco y un bosque de ribera (Secaira,

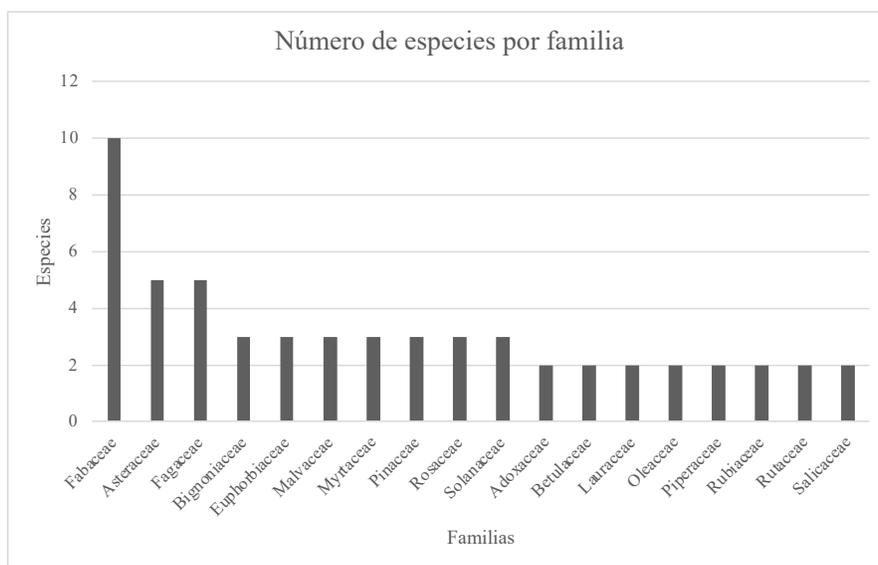
2018), registrando 9 registros nuevos para la reserva (*Senecio cobanensis*, *Xylosma quichensis*, *Eugenia oerstediana*, *Piper schiedeana*, *Piper martensianum*, *Eupatorium* sp., *Verbesina* sp., *Ilex liebmanni* y *Croton verapazensis*), aumentando el listado de especies de Lomas de Atitlán a 80 especies arbóreas.

En la Figura 4 se puede observar la distribución de cantidad de especies arbóreas de la reserva Lomas de Atitlán presentes en la lista de especies amenazadas (LEA).



**Figura 4.** Número de especies en las categorías de conservación de la Lista de Especies Amenazadas de CONAP.

En la Figura 5 se puede observar la cantidad de especies que hay por familia, de las familias que tuvieron más de una especie.

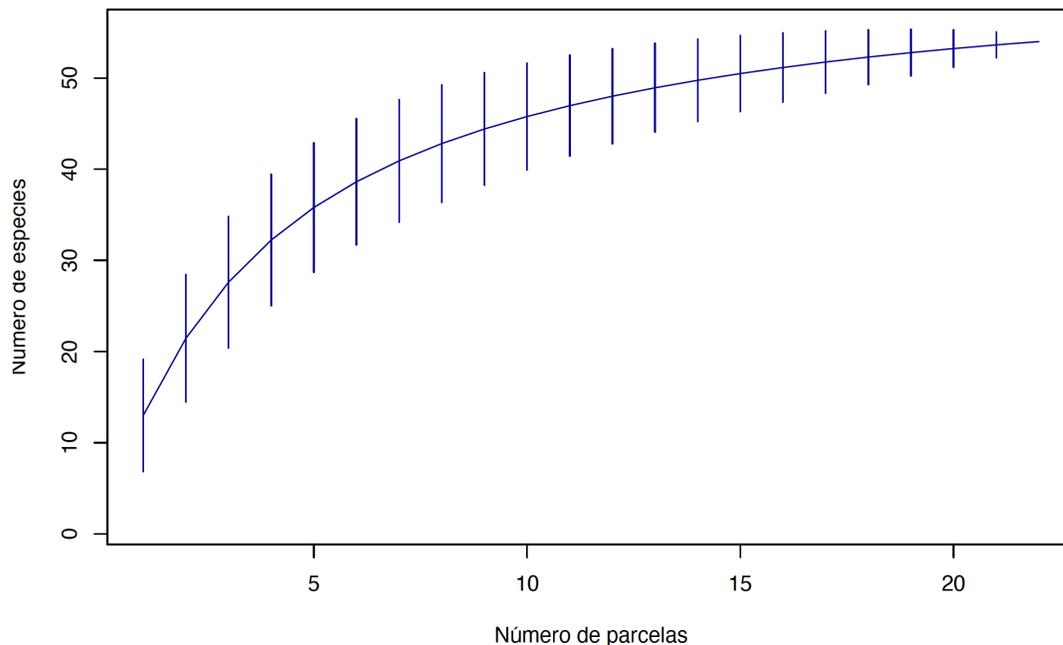


**Figura 5.** Número de especies por familia en Lomas de Atitlán, San Andrés Semetabaj. El resto de las familias solo tuvieron una especie.

Se puede observar que las familias con mayor presencia de especies fueron: Fabaceae (10), Asteraceae (5) y Fagaceae (5), Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Myrtaceae, Pinaceae, Rosaceae y Solanaceae, tuvieron 3 especies por familia. Adoxaceae, Betulaceae, Lauraceae, Oleaceae, Piperaceae, Rubiaceae, Rutaceae y Salicaceae tuvieron 2 especies por familia. Las otras 23 familias únicamente contaron con una especie.

## 2. Curva de acumulación de especies

En la Figura 6 se puede observar la curva de acumulación de especies del muestreo de parcelas realizado.



**Figura 6.** Curva de acumulación de especies de las parcelas realizadas en Lomas de Atitlán.

Se puede observar que se logró alcanzar una asíntota al llegar al número más alto de especies con las 22 parcelas realizadas. Con base en esta curva se puede decir que la cantidad de parcelas realizadas fue la necesaria para el muestreo. Según el estimador de riqueza Mao Tau se obtuvo una riqueza estimada de 50 especies para el área y se registraron 54 especies en las parcelas.

### 3. Índices de Valor de Importancia

En el cuadro se pueden observar los valores de IVI de todas las especies, en orden de mayor a menor, junto con los valores de frecuencia, dominancia y densidad relativa. La escala se basa en un valor máximo del 300 %. Para el análisis Se muestrearon un total de 947 árboles distribuidas en las 22 parcelas.

**Cuadro 2.** Índices de Valor de Importancia (IVI) para las especies arbóreas de la Reserva Lomas de Atitlán.. También se puede visualizar la Frecuencia relativa, Dominancia relativa y Densidad relativa de cada especie.

No.	Especie	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Densidad relativa	IVI
1	<i>Pinus pseudostrabus</i>	3.358	31.065	4.013	<b>38.436</b>
2	<i>Quercus tristis</i>	5.597	12.095	7.603	<b>25.295</b>
3	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	3.731	5.807	9.715	<b>19.253</b>
4	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	2.612	4.647	10.348	<b>17.607</b>
5	<i>Viburnum hartwegii</i>	4.478	3.272	6.441	<b>14.191</b>
6	<i>Diphysa carthagenensis</i>	4.851	3.487	3.801	<b>12.140</b>
7	<i>Bursera simaruba</i>	2.239	3.593	4.752	<b>10.584</b>
8	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	2.239	2.915	5.174	<b>10.328</b>
9	<i>Leucaena diversifolia</i>	3.358	4.245	2.218	<b>9.821</b>
10	<i>Oreopanax xalapensis</i>	4.104	1.046	3.590	<b>8.741</b>
11	<i>Cupressus lusitanica</i>	1.493	4.941	2.218	<b>8.651</b>
12	<i>Fraxinus uhdei</i>	2.239	4.026	2.218	<b>8.482</b>
13	<i>Urera caracasana</i>	2.985	1.365	4.118	<b>8.468</b>
14	<i>Eupatorium sp.1</i>	3.358	1.372	2.640	<b>7.370</b>
15	<i>Chiococca phaenostemon</i>	2.239	1.317	3.273	<b>6.829</b>
16	<i>Persea americana</i>	2.612	2.399	1.478	<b>6.489</b>
17	<i>Ostrya virginiana</i>	2.612	1.483	2.218	<b>6.313</b>
18	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	2.612	0.918	2.006	<b>5.537</b>
19	Morfoespecie 4	2.985	0.361	1.901	<b>5.247</b>
20	<i>Cedrela tonduzii</i>	2.612	1.153	1.056	<b>4.821</b>
21	<i>Morella cerifera</i>	2.985	0.285	1.478	<b>4.748</b>
22	<i>Zanthoxylum fagara</i>	2.985	0.282	1.478	<b>4.745</b>
23	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	2.239	1.108	1.373	<b>4.720</b>
24	<i>Trema micrantha</i>	2.239	1.375	0.845	<b>4.459</b>
25	<i>Tecoma stans</i>	1.866	0.435	1.267	<b>3.568</b>
26	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	1.493	0.771	1.267	<b>3.530</b>
27	<i>Schoepfia vacciniiflora</i>	1.866	0.278	1.373	<b>3.517</b>
28	<i>Alnus jorullensis</i>	1.493	0.683	0.528	<b>2.704</b>

No.	Especie	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Densidad relativa	IVI
29	Morfoespecie 5	1.493	0.248	0.845	2.585
30	<i>Robinsonella cordata</i>	1.493	0.440	0.634	2.566
31	Morfoespecie 1	1.119	0.265	1.162	2.546
32	<i>Clethra mexicana</i>	1.493	0.256	0.422	2.171
33	<i>Annona cherimola</i>	1.119	0.139	0.634	1.892
34	<i>Lysiloma acapulcense</i>	0.746	0.397	0.634	1.777
35	<i>Senecio cobanensis</i>	0.746	0.168	0.845	1.759
36	<i>Garrya laurifolia</i>	1.119	0.137	0.422	1.679
37	<i>Fuchsia arborescens</i>	1.119	0.041	0.317	1.477
38	<i>Calliandra houstoniana</i> var. <i>anomala</i>	1.119	0.021	0.317	1.457
39	<i>Quercus crassifolia</i>	0.746	0.441	0.211	1.398
40	Morfoespecie 3	0.746	0.072	0.422	1.240
41	<i>Erythrina berteroana</i>	0.746	0.067	0.317	1.130
42	<i>Eugenia oerstediana</i>	0.373	0.090	0.634	1.097
43	<i>Ilex liebmannii</i>	0.746	0.030	0.211	0.988
44	<i>Eupatorium</i> sp.2	0.746	0.027	0.211	0.984
45	<i>Piper martensianum</i>	0.746	0.016	0.211	0.974
46	Morfoespecie 2	0.746	0.016	0.211	0.974
47	<i>Piper schiedeana</i>	0.746	0.016	0.211	0.973
48	<i>Xylosma quichensis</i>	0.373	0.211	0.106	0.690
49	<i>Pinus pmontezumae</i>	0.373	0.087	0.106	0.566
50	<i>Croton verapazensis</i>	0.373	0.049	0.106	0.528
51	<i>Quercus peduncularis</i>	0.373	0.021	0.106	0.500
52	<i>Eriobotrya japonica</i>	0.373	0.008	0.106	0.486
53	<i>Frangula capreifolia</i>	0.373	0.007	0.106	0.486
54	<i>Verbesina</i> sp.	0.373	0.007	0.106	0.485
	<b>Total</b>	100	100	100	300

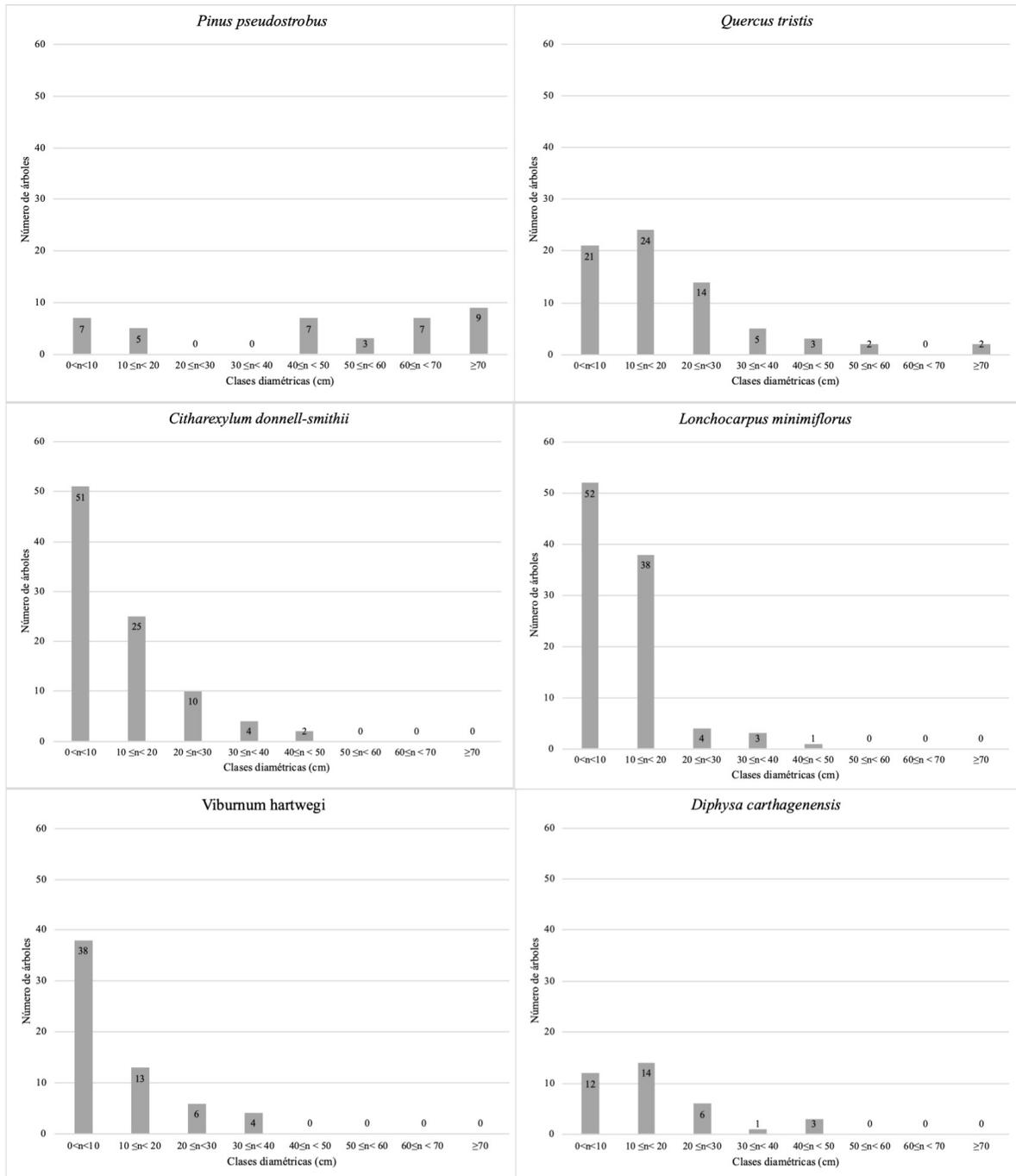
Se representan las especies en las parcelas con sus respectivos valores. Se calcularon la frecuencia relativa, dominancia relativa, densidad relativa de cada especie presente en las parcelas. El IVI (índice de valor de importancia) es la suma de la frecuencia, dominancia y densidad relativa de cada especie.

Fuente: Elaboración propia

Las especies con valores más altos de IVI fueron *Pinus pseudostrabus*, *Quercus tristis* L, *Citharexylum donnell-smithii*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Viburnum hartwegii*, *Diphysa carthagenensis*, *Bursera simaruba*, *Cnidoscolus tubulosus*, *Leucaena diversifolia*, *Oreopanax xalapensis*.

#### 4. Clases diamétricas

Se agruparon los DAP de todas las especies en clases diamétricas en rangos de 10 cm. Se realizaron gráficas para las 6 especies con valores más altos de IVI (ver Figura 7).

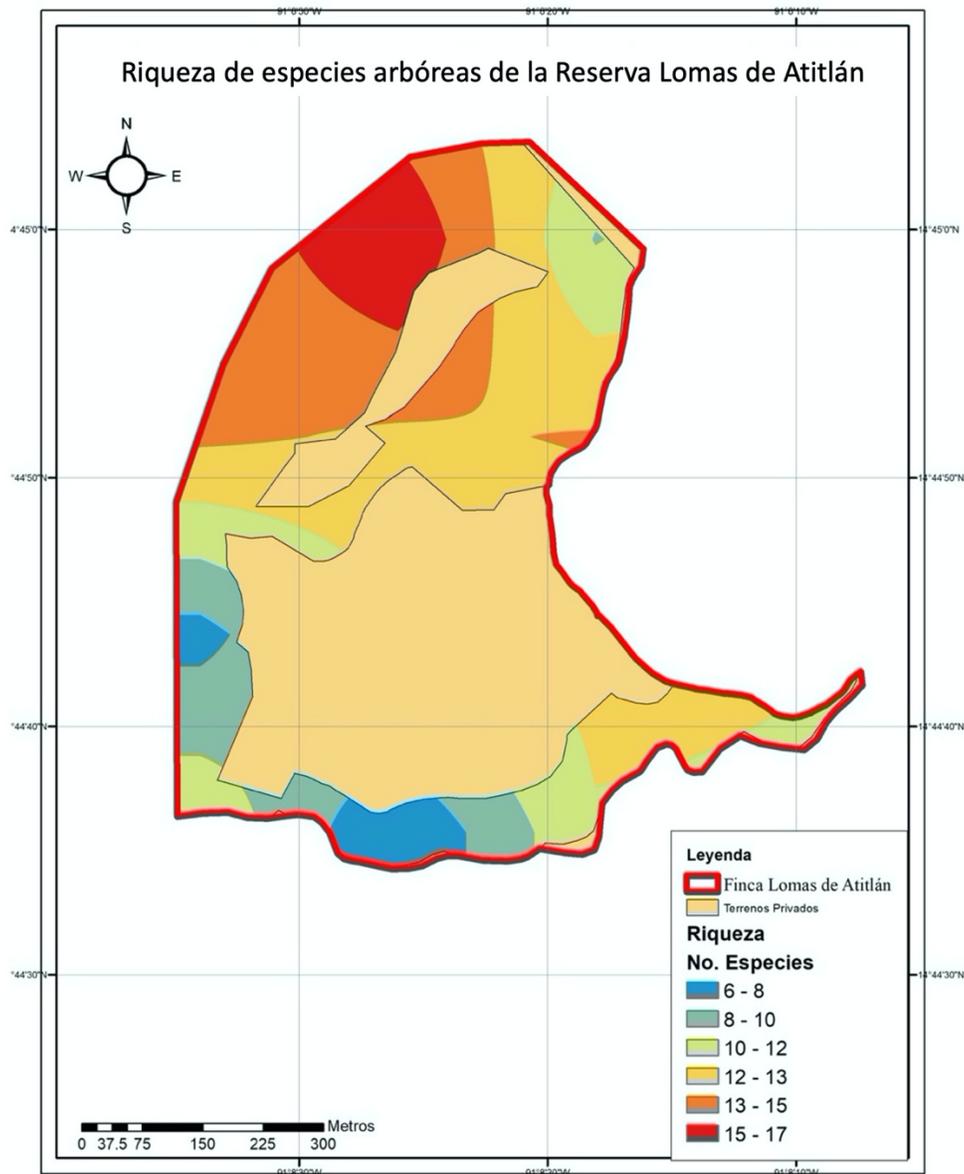


**Figura 7.** Histograma de clases diamétricas de *P. pseudostrobus*, *Q. tristis*, *C. donnell-smithii*, *L. V. hartwegi* y *D. carthagenensis*. de Lomas de Atitlán.

En la Figura 7 se pueden observar las clases diamétricas de las 6 especies con mayor importancia para Lomas de Atitlán. De las 6 especies (con excepción de *P. pseudostrabus*), 5 tuvieron la mayor parte de los árboles muestreados distribuidos en clases diamétricas menores a 40 cm. Nueve especies están conformadas por individuos jóvenes dentro de Lomas de Atitlán. Mientras que para *P. pseudostrabus* la mayoría de individuos tuvieron un DAP mayor a 40 cm, indicando que la composición de la especie se ve caracterizada por árboles más grandes.

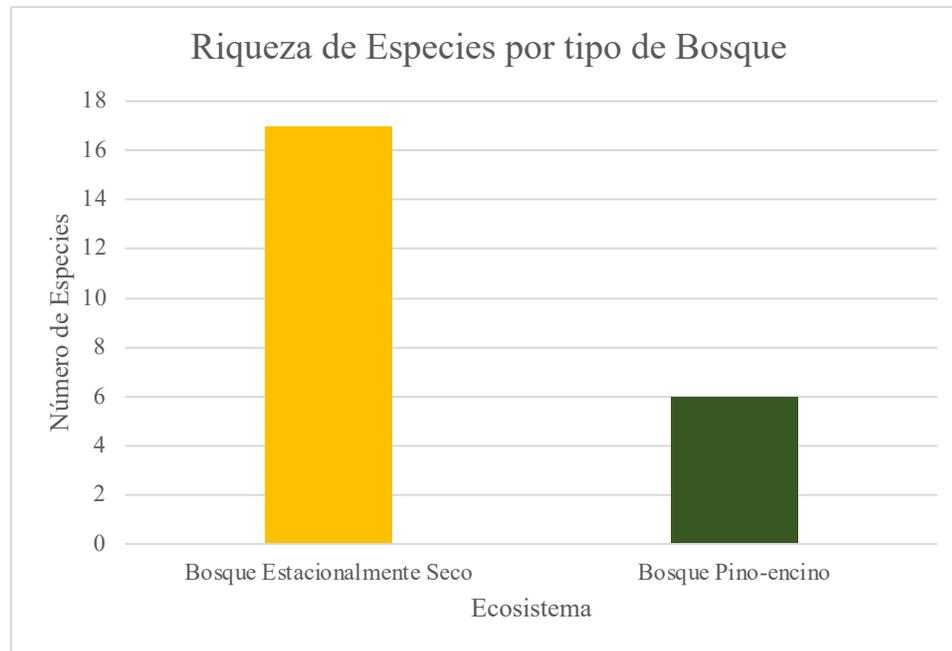
### 5. Mapas de riqueza y distribución de especies dentro de la Reserva Lomas de Atitlán.

Se presentan los mapas de distribución y composición del bosque evaluado en la Reserva Lomas de Atitlán.



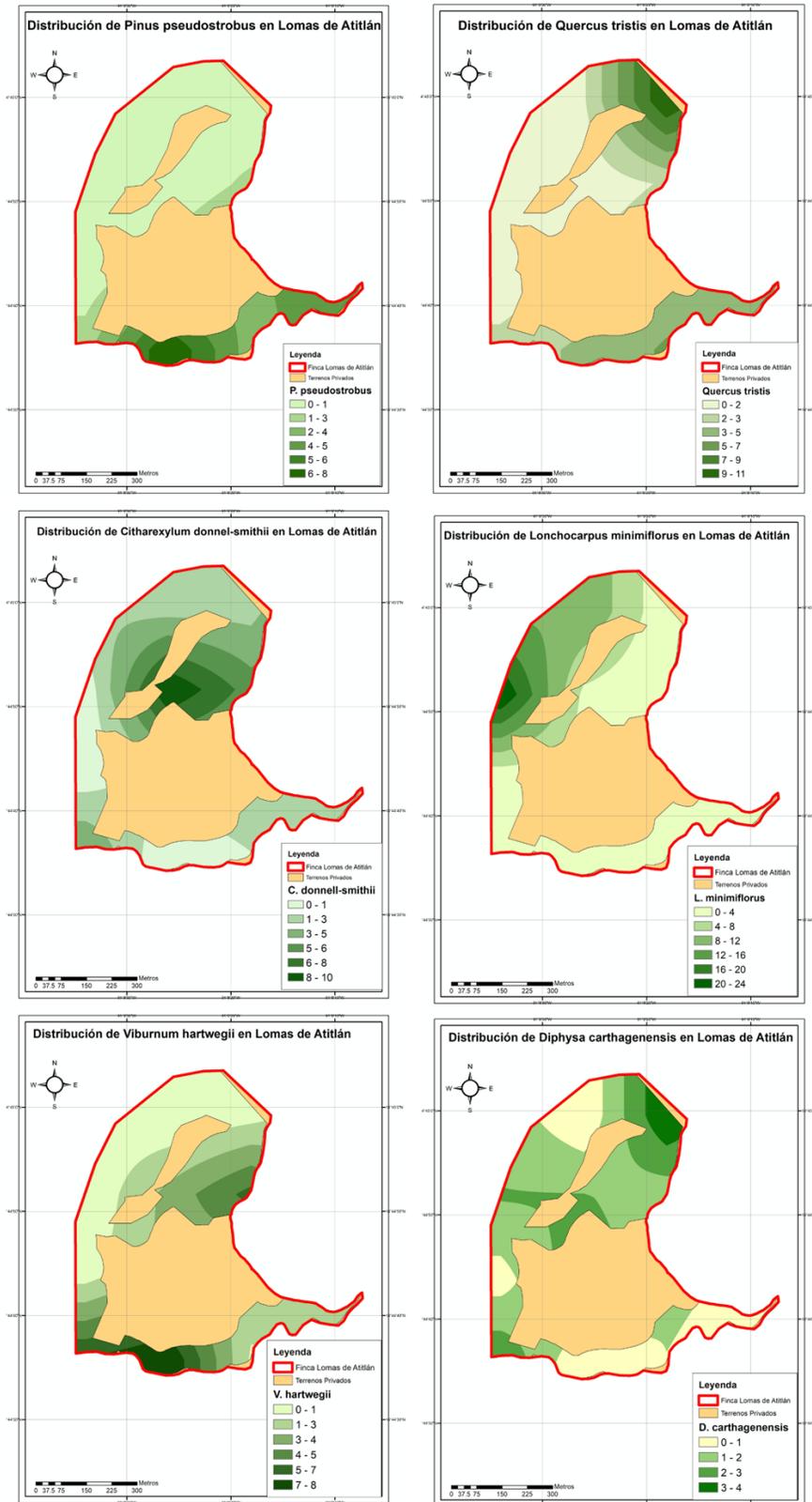
**Figura 8.** Mapa de distribución de la riqueza de especies arbóreas para la Reserva Lomas de Atitlán.

En la Figura 8 se puede observar la distribución de la riqueza de especies arbórea dentro del área del bosque de la reserva. Como se puede observar la parte noroeste de la reserva presentó los valores más altos de riqueza de especies, teniendo hasta 17 especies distintas de árboles. La parte suroeste de la reserva presentó los valores más bajos de riqueza de especies, teniendo únicamente de 6 a 8 especies. Teniendo una mayor riqueza de especies en el bosque estacionalmente seco y una menor cantidad de especies en el bosque de pino-encino (ver Figura 9).

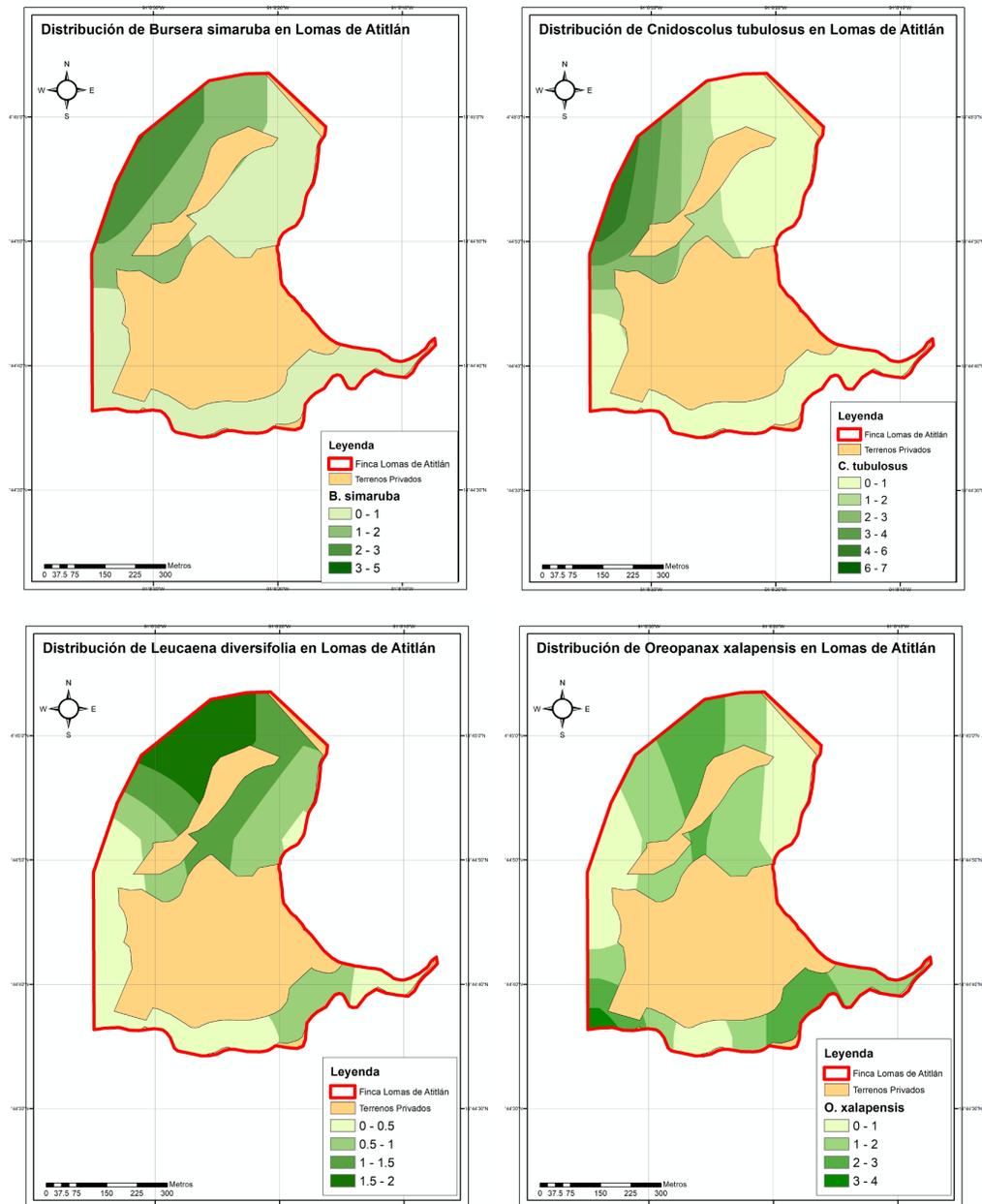


**Figura 9.** Número de especies por tipo de bosque de Lomas de Atitlán.

A continuación, se presentan los mapas realizados que permiten visualizar la distribución de las 10 especies con valores más altos de IVI, dentro de la Reserva Lomas de Atitlán.



**Figura 10.** Mapa de distribución de *P. pseudostrobus*, *Q. tristic*, *C. donnell-smithii*, *L.minimiflorus*, *V.hartwegii* y *D. carthagenensis* en de la Reserva Lomas de Atitlán.



**Figura 11.** Mapa de distribución de *B. simaruba*, *C. tubulosus*, *L. diversifolia* y *O. xalapensis* de la Reserva Lomas de Atitlán.

En la Figura 10 se puede observar la distribución de *P. pseudostrabus*, teniendo una mayor prevalencia en la parte sur de la reserva, mientras que en la parte norte no hay presencia de la especie. Se puede observar la distribución de *Q. tristis*, teniendo una mayor prevalencia de individuos en el noreste de la reserva. Se puede observar que la especie, en general, tiene mayor presencia en la parte este de la reserva. Se puede observar la distribución de *C. donnell-smithii*, teniendo una mayor cantidad de individuos en la parte norte-central de la reserva. Mientras que, en la parte oeste y sur de la reserva, es donde la prevalencia de la especie es menor. La distribución de *L. minimiflorus*, teniendo una mayor cantidad de

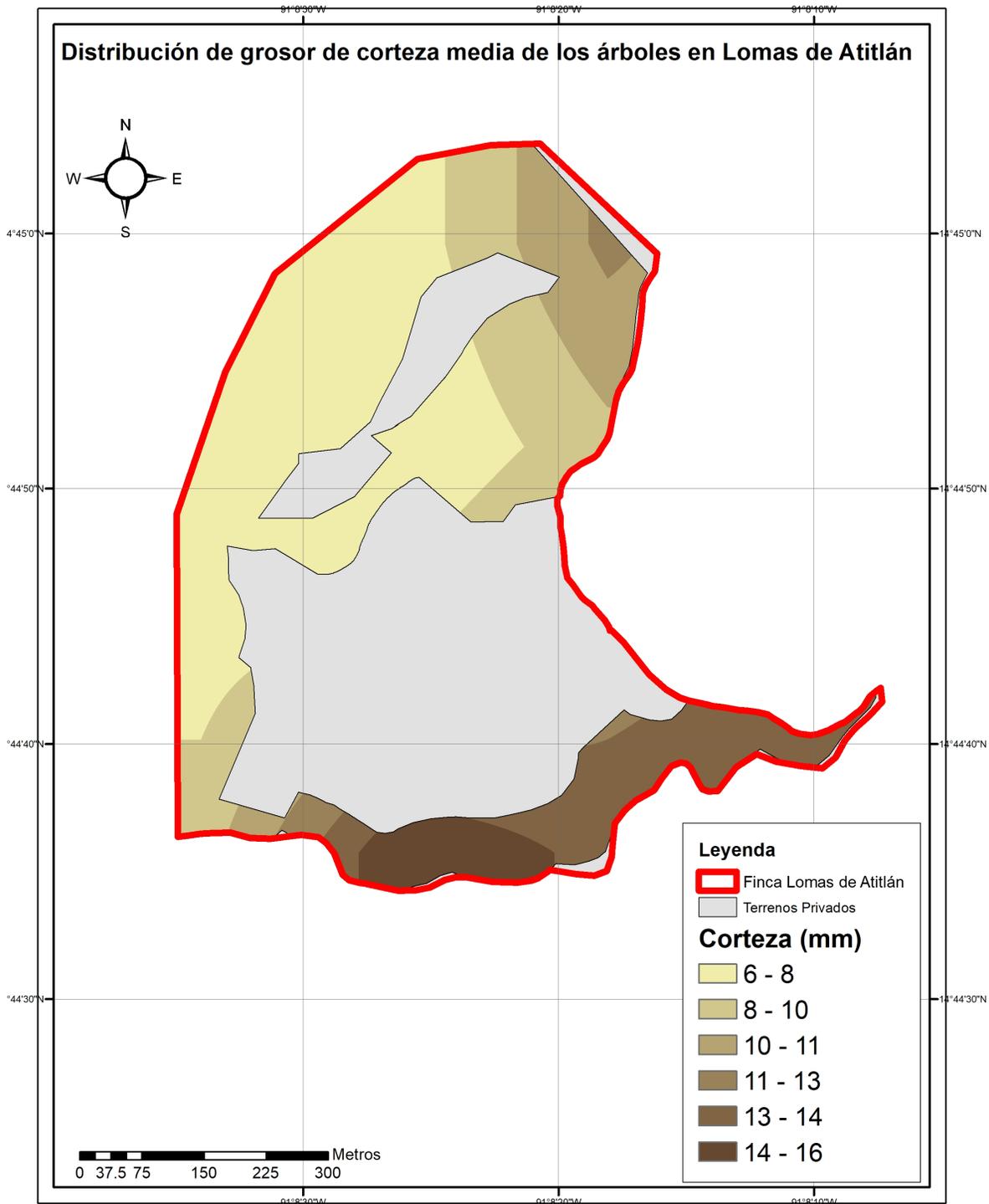
individuos en la parte oeste de la reserva. Por otra parte se puede observar que en la parte sur y noreste de la reserva es donde la especie tiene una menor prevalencia. La distribución de *V. hartwegii*, teniendo una mayor cantidad de individuos en la parte suroeste y noreste de la reserva. Se puede observar que en la parte sureste y noroeste de la reserva es donde la especie tiene una menor prevalencia. La distribución de *D. carthagenensis*, tiene una mayor cantidad de individuos en la parte noreste de la reserva. Se puede observar que en la parte sur y noroeste de la reserva es donde la especie tiene una menor prevalencia.

En la Figura 11 se puede observar la distribución de *B. simaruba*, teniendo una mayor cantidad de individuos en la parte noroeste de la reserva. Se puede observar que en la parte sur y parte noreste la presencia de la especie es prácticamente nula. La distribución de *C. tubulosus*, tiene una mayor cantidad de individuos en la parte noroeste de la reserva. Se puede observar que en la parte sur y parte noreste la presencia de la especie es prácticamente nula. La distribución de *L. diversifolia*, tiene una mayor cantidad de individuos en la parte norte de la reserva (tanto la parte oeste, como este). Se puede observar que en la parte sur la presencia de la especie es prácticamente nula. La distribución de *O. xalapensis*, tiene una mayor cantidad de individuos en la parte suroeste, norte y una parte reducida de la parte sureste. Es posible visualizar que la distribución de esta especie es más homogénea dentro del bosque comparada con otras especies.

## **B. Susceptibilidad del bosque ante incendios forestales.**

### **1. Mapas de distribución del grosor de corteza media de los árboles de la Reserva Lomas de Atitlán.**

A continuación, se pueden observar la distribución de los árboles según los análisis de grosor de corteza. En la Figura 12 se visualiza la distribución de los tamaños de del grosor de corteza de los árboles de la Reserva Lomas de Atitlán.



**Figura 12.** Mapa de distribución del grosor medio de corteza de árboles en la Reserva Lomas de Atitlán.

En la Figura 12 se puede observar un mapa mostrando la interpolación del valor medio de grosor de corteza de las parcelas muestreadas. Como se puede visualizar, en la parte sur del bosque se encuentran los árboles con grosor de corteza medio más alto, teniendo una

pequeña distribución en la parte noreste. Mientras que en la parte central y noroeste de la reserva se encuentran distribuidos los árboles con menor valor de grosor medio de corteza. Los árboles con menor grosor de corteza se encuentran distribuidos en la parte noroeste y central de la reserva (bosque estacionalmente seco). Se puede observar nuevamente que la distribución de *P. pseudostrobus* coincide con la distribución del grosor de corteza en la parte sur. En la parte noreste la distribución de grosor de corteza coincide con la distribución de *Q. tristis*.

## 2. Análisis del grosor de corteza por especie y ecosistemas

En el Cuadro 3 se puede observar la media de grosor de corteza de las especies analizadas en milímetros.

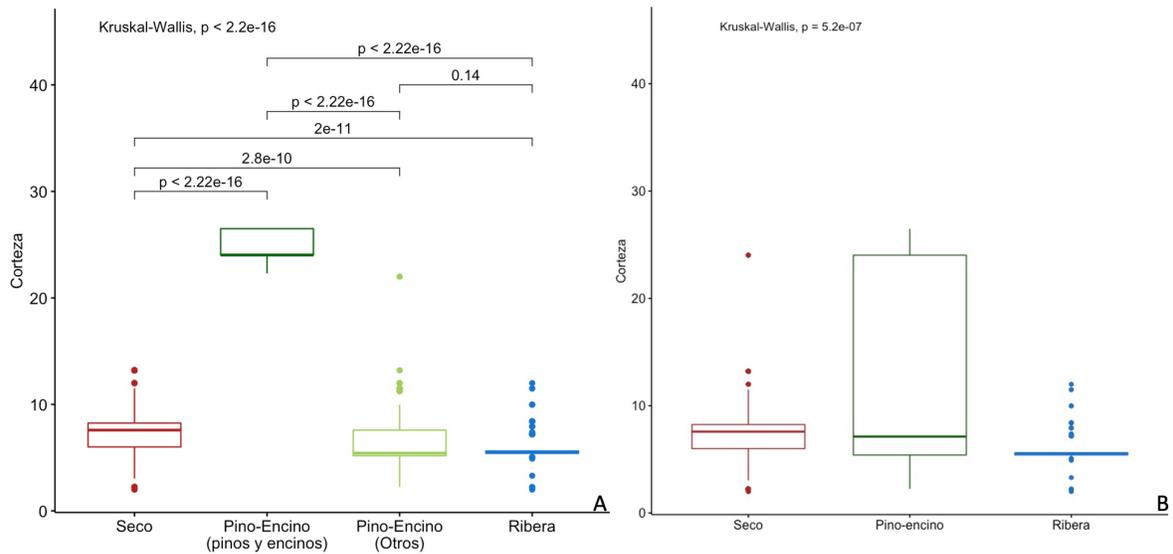
**Cuadro 3.** Media de grosor de corteza por especie de Lomas de Atitlán.

No.	Especie	Media (mm)	No.	Especie	Media (mm)
1	<i>Pinus pseudostrobus</i>	22.3	19	<i>Oreopanax xalapensis</i>	5.7
2	<i>Trema micrantha</i>	13	20	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	5
3	<i>Diphyssa carthagenensis</i>	12.3	21	<i>Clethra mexicana</i>	5
4	<i>Leucaena diversifolia</i>	11	22	<i>Tecoma stans</i>	5
5	<i>Cedrela tonduzii</i>	9.7	23	<i>Persea americana</i>	4.6
6	<i>Eupatorium sp.1</i>	9.7	24	<i>Cupressus lusitanica</i>	4.3
7	<i>Lysiloma acapulcense</i>	9.6	25	<i>Robinsonella cordata</i>	4.3
8	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	9.3	26	<i>Schoepfia vacciniiflora</i>	4.3
9	<i>Bursera simaruba</i>	8.7	27	<i>Zanthoxylum fagara</i>	4.3
10	<i>Fraxinus uhdei</i>	8.7	28	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	4
11	<i>Alnus jorullensis</i>	8.3	39	<i>Fuchsia arborescens</i>	4
12	<i>Morella cerifera</i>	8.3	30	<i>Ostrya virginiana</i>	3.7
13	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	8	31	<i>Chiococca phaenostemon</i>	3.3
14	<i>Erythrina berteroana</i>	7.7	32	<i>Urera caracasana</i>	3.3
15	<i>Annona cherimola</i>	7	33	<i>Eriobotrya japonica</i>	2.7
16	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	7	34	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	2.6
17	<i>Xylosma quichensis</i>	6.6	35	<i>Garrya laurifolia</i>	2.3
18	<i>Viburnum hartwegii</i>	6	36	<i>Ilex liebmannii</i>	2

*P. pseudostrobus* fue la especie que presentó un valor más alto de grosor de corteza con 22.3 mm. Se obtuvo una diferencia significativa del grosor de corteza entre las especies con mayor y menor grosor de corteza. *P. pseudostrobus* y *T. micrantha* tiene una corteza significativamente diferente con especies como *I. liebmannii*, *G. laurifolia*, *L. fruticosa*, *E. japonica* y *C. phaenostemon*. Al observar el cuadro 3, estos resultados son coherentes debido a que *P. pseudostrobus* (22.3 mm) y *T. micrantha* (13 mm) fueron las especies con un grosor de corteza más alto, mientras que las especies *I. liebmannii* (2 mm), *G. laurifolia* (2.3 mm),

*L. fruticosa* (2.6 mm), *E. japonica* (2.7 mm) y *C. phaenostemon* (3.3 mm). El valor significativo entre especies ( $p < 0.05$ ) se puede observar en el anexo 7.

La Figura 13 presenta la comparación de las medias del grosor de corteza de los distintos tipos de bosques de Lomas de Atitlán.



**Figura 13.** Comparación de medias de grosor de corteza entre los tipos de bosque de Lomas de Atitlán.

En la Figura 13 se puede observar la comparación de grosor de corteza entre los ecosistemas de Lomas de Atitlán, realizado con la prueba de Wilcoxon. Se puede observar que el grosor de corteza es significativamente diferente entre todas las combinaciones de ecosistemas, excepto entre Pino-Encino (otros) y Bosque de Ribera. Teniendo una media de grosor de corteza de 24.87 mm para Bosque de Pino-encino (pinos y encinos), 7.50 mm para bosque estacionalmente seco, 6.40 mm para Bosque de Pino-encino (otros) y de 5.98 para el bosque de Ribera. La Figura 11b es únicamente para visualizar el porque se realizó la separación entre las especies de pino-encino (pinos y encinos) de las de otras presentes en pino encino, ya que se observaba una desviación muy alta con todas las especies de Pino-encino juntas.

### C. Plan de Manejo Forestal para el ingreso de la reserva al programa de PROBOSQUES DE INAB

Se realizó un plan de manejo forestal en donde se evaluó el estado de conservación del bosque mixto y el bosque estacionalmente seco de la reserva, ver Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Matriz de evaluación del estado de conservación para el bosque mixto y seco de la Reserva Lomas de Atitlán.

<b>Variables e indicadores</b>	<b>Valoración de campo (Bosque Mixto)</b>	<b>Estado de conservación (Bosque Mixto)</b>	<b>Valoración de campo (Bosque seco)</b>	<b>Estado de conservación (Bosque seco)</b>
Regeneración natural	5	3.57	5	3.57
Familias forestales indicadoras	5	10.71	5	10.71
Abundancia relativa de familias indicadoras	4	8.57	4	8.57
Especies amenazadas	1	2.14	1	2.14
Cobertura forestal/vegetal	4	5.71	4	5.71
Condiciones del entorno (condiciones externas)	3	4.28	2	2.86
Extracción de madera, leña, ocote, resina, corteza, resinas (condiciones internas)	2	2.86	2	2.86
Caminos y senderos	2	2.86	2	2.86
Incendios forestales	2	1.43	2	1.43
Flora asociada	5	10.71	5	10.71
Fauna	6	3.57	3	1.78
Número de estratos	5	10.71	5	10.71
Clases diamétricas	5	7.14	5	7.14
<b>Estado de conservación del ecosistema</b>		<b>74.26</b>		<b>71.05</b>

Para ambos tipos de bosque el estado de conservación, según parámetros del INAB se encuentran en un estado de conservación bueno. Teniendo una calificación de 71.05 para el bosque seco y 74.26 para el bosque mixto, siendo 70.90 a 100 el rango de bueno.

El documento presentado como el plan de manejo forestal se puede ver en anexos 8 “Plan de Manejo Lomas de Atitlán”. El documento fue entregado al INAB en diciembre del año 2021. El documento ingresado lleva toda la información solicitada por el programa de PROBOSQUES, teniendo los Datos Generales de Lomas de Atitlán, Datos de la entidad, Datos de notificación, Datos del Terreno, Descripción Biofísica del Área, Medidas de Prevención, Descripción de la implementación por tipo de proyecto, Cronograma de implementación y la Justificación de la Importancia del recurso a proteger.

## VII. DISCUSIÓN

### A. Caracterización forestal

#### 1. Listado de especies, IVI y clases diamétricas

La Reserva Natural Lomas de Atitlán posee dos tipos de bosques principales, bosque de pino-encino (mixto) y bosque estacionalmente-seco, con un bosque de ribera cercano a las fuentes de agua. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la estructura, composición y susceptibilidad a incendios del bosque para la conservación de la Reserva Natural Lomas de Atitlán, San Andrés Semetabaj.

La observación de especies arbóreas por medio de caminatas *ad libitum* y muestreos en las parcelas permitió registrar nuevas especies para la reserva, aumentando de 66 a 80 especies arbóreas. Es un claro ejemplo de la importancia de la realización y monitoreo de especies, ya que, a pesar de tener un listado previo realizado, es posible generar nuevos registros. Es probable que los nuevos registros de especies se dieron gracias a la realización de las parcelas. Al trabajar con parcelas por medio de muestreo sistemático, fue posible muestrear en localidades que no son muy frecuentadas en la reserva, es decir lejanas a los senderos o brechas. Por otra parte la implementación de parcelas circulares, en lugar de rectangulares, permitió un muestreo con menos dificultad principalmente en las áreas con mayor pendiente o con mayores complicaciones. Al trabajar en localidades adentro del bosque, áreas con pendiente o con menos visitación, fue posible observar árboles que tienen pocos individuos dentro de la reserva o que no habían sido registrados. Por otro lado, no fue posible observar en las parcelas o caminatas, todas las especies previamente registradas. Una posible razón, es que algunas especies se encuentran distribuidas en puntos específicos previamente localizados, los cuales no se encontraban distribuidos en los puntos en donde se realizaron las parcelas. La identificación de nuevos registros de especies arbóreas es necesario para justificar la importancia de la realización de investigaciones y así tener más argumentos para realizar esfuerzos de conservación.

Como se observa en la Figura 6 la curva de acumulación de especies alcanzó una asíntota al llegar a las 50 especies. Es necesario mencionar que esto no presenta un valor parecido con la cantidad de especies observadas en las caminatas *ad libitum* y las parcelas (80 especies). En las parcelas únicamente se observaron 54 especies a diferencia de las 80 en total, por lo que podría existir una incertidumbre de porque la curva de acumulación tiene una asíntota en las 50 especies. Esto se puede deber a la manera en que se realizó el muestreo sistemático. Muchas de las especies observadas en las caminatas *ad libitum* se encontraban en terrenos privados, localidades que no pudieron ser tomadas en cuenta para la realización de las parcelas (Figura 3). Es posible que, si se hubieran realizado las caminatas *ad libitum* únicamente en los senderos cercanos a las parcelas y dentro del bosque, la cantidad de especies observadas y la curva de acumulación hubieran tenido una cantidad de especies parecida.

La distribución de especies en estas familias, van acorde con la composición arbórea de los tipos de bosques presentes en la reserva. El bosque estacionalmente seco de Guatemala se ve caracterizado por una riqueza abundante de la familia Fabaceae, siendo una familia muy importante para la mayoría de bosques secos del mundo (Lugo, *et al.* 2006; Pennington,

*et al.* 2009; Suarez, *et al.* 2012) Es por ello que fue la familia que más presencia de especies tuvo (10). Asteraceae fue la segunda familia con mayor presencia de especies (5), las cuales se encontraron distribuidas tanto en el bosque seco como en el bosque de pino-encino. La familia asteraceae es uno de los grupos vegetales más diversos, siendo una familia cosmopolita, por lo que se pueden encontrar en la mayoría de ecosistemas, esto hace sentido que se encontraran distribuidas en los dos tipos de bosques del área evaluada (Funk, *et al.* 2009). También es necesario mencionar que algunas especies de la familia Asteraceae se encuentran en áreas perturbadas, siendo otra razón por la cual pueden estar presente en muchos ecosistemas (Landenberger y Ostergren, 2002).

Por otra parte, las familias predominantes en el bosque de pino-encino fueron precisamente las familias Fagaceae (5) y Pinaceae (3), los cuales son predominantes en los bosques de pino-encino. Las especies del género *Pinus* y *Quercus* son los árboles que predominan en los bosques mixtos del altiplano guatemalteco. Estas especies pueden generar un bosque con mayor homogeneidad, en comparación con el bosque seco; ya que sus propiedades y adaptaciones hacen que la competencia para otras especies sea más difícil para su crecimiento. (IARNA-URL, 2018; Rodríguez-Trejo y Myers, 2010).

Específicamente habando sobre el estado de conservación de las especies, con base en la lista roja de la UICN, solo existe preocupación por *J. olanchana* y *Q. skinneri*. Es importante realizar esfuerzos por la protección de los individuos de estas especies dentro de la reserva, ya que son árboles importantes por su estatus de conservación, principalmente *J. olanchana* por estar categorizado como especie en peligro de extinción. Existen pocos esfuerzos por la reforestación de esta especie, por lo que podría ser posible realizar esfuerzos para su reproducción dentro de la reserva. (Secaira, 2018; Stone, *et al.* 2009).

En cuanto a los valores de Índice de Valor de Importancia, las 10 especies con valores más altas se pueden observar en el Cuadro 2. Como se puede observar *P. pseudostrobus* y *Q. tristis*, fueron las especies con el valor más alto (38.436 y 25.295 respectivamente). Se podría pensar que son las especies con mayor prevalencia por sus valores de importancia y que se encuentran ampliamente distribuidas en el bosque, cosa que no es así. Las 10 especies con los valores más altos representan las especies que han tenido y tienen las condiciones óptimas para predominar en el ecosistema de Lomas de Atilán. Otra posible causa del valor de estas especies es alto, debido al tamaño de los árboles muestreados. La mayoría de árboles muestreados de *P. pseudostrobus* tuvieron un DAP bastante alto comparado con otras especies, por lo que influye específicamente en la dominancia relativa. La dominancia relativa tiene una gran influencia en los valores del índice, ya que se toma en cuenta el área basal, siendo *P. pseudostrobus* los árboles de mayor tamaño. Como se puede observar en Cuadro 2 la frecuencia y densidad relativa para *P. pseudostrobus* es más baja comparada con otras especies, como por ejemplo *L. minimiflorus*.

Se puede observar *P. pseudostrobus* tiene una frecuencia relativa de 3.358. Este valor es bajo comparado con otras especies, por lo que se puede asumir que la especie únicamente se encuentra distribuida en una zona de la reserva. Hay otras especies que tienen el valor más alto de frecuencia relativa, es decir que su ocurrencia en los cuadratos realizados fue mayor, por ejemplo *Q. tristis* (5.597), *D. carthagenensis* (4.851), *V. hartwegii* (4.478), *O. xalapensis* (4.104). Se podría mencionar que si el fin del bosque es tener una mayor diversidad de

especies dentro del bosque, es más importante prestarle atención a las especies con mayor ocurrencia, que a especies que a pesar de tener un valor de importancia mayor, no tienen tanta ocurrencia dentro de la reserva Lomas de Atitlán. Esto puede favorecer la diversidad de un bosque y que sea más heterogéneo (Cordero, 2011).

Al hablar de la densidad relativa, nuevamente se puede observar en el Cuadro 2 que *P. pseudostrobus* no es la especie con el valor más alto (4.013). Especies como *L. minimiflorus* (10.348), *C. donnell-smithii* (9.715), *Q. tristis* (7.603) y *V. hartwegii* (6.441), tuvieron valores más altos. Para esfuerzos de conservación es importante tener estos valores en cuenta. Ante un tipo de perturbación, las especies que tienen menos presencia de individuos corren más riesgo de perderse en la reserva, reduciendo la riqueza de especies y la dinámica del bosque. Por otra parte, se debe tener en cuenta que las especies con mayor cantidad de individuos son las que determinan una gran parte de la composición forestal de los bosques de Lomas de Atitlán, tanto para el bosque estacionalmente seco, bosque pino-encino, como para los bosques de ribera y de transición dentro de la reserva. Incluso podría ser una forma de protección ante fluctuaciones ambientales (Hutchison, *et al.* 2018 ;Loreau y Mazancourt, 2008) .

Las especies como *L. minimiflorus*, *D. carthagenensis*, *B. simaruba*, *C. tubulosus* y *L. diversifolia*, han sido reportadas como géneros predominantes en los bosques secos de Mesoamerica (Glander y Nisbett, 1996). Siendo especies que predominan los bosques secos primarios y secundarios de distintas regiones, concuerda con que sean las especies más importantes del bosque estacionalmente seco de Lomas de Atitlán (Romero-Duque, *et al.* 2007; Wolfe y Bloem, 2012). Estas especies se han registrado como especies importantes tanto para la regeneración de bosques secundarios de bosque seco, como para bosque primario, siendo utilizadas como especies nativas para sistemas forestales. Además, tienen un gran componente cultural y de aprovechamiento para las comunidades (Suarez, *et al.* 2012). Para Lomas de Atitlán pueden ser especies importantes a considerar para la conservación del bosque seco, teniendo alguna importancia de aprovechamiento. Al ser especies con bastantes individuos (anexo 1) pueden ser tomadas en cuenta como especies de regeneración primaria o secundaria ante alguna perturbación que suceda en el futuro.

Para el bosque de pino-encino, las especies predominantes fueron *O.xalapensis*, *P. pseudostrobus*, *Q. tristis* y *V. hartwegii*. Claramente especies como *P.pseudostrobus* y *Q. tristis* han sido registradas en la composición arbórea de bosques de pino-encino, principalmente para los bosques del altiplano guatemalteco (Secaira, 2020). Especies como *O. xalapensis* y *V. hartwegii* también son especies características de los ecosistemas de pino encino, siendo especies de crecimiento rápido y de sucesión forestal temprana (González-Espinosa, *et al.* 2008; Ruiz-Montoya, *et al.* 2011). Lo cual se pudo observar en los muestreos realizados, ya que existió una alta cantidad de individuos de esta especie con clases diamétricas de 5 a 10 cm y de 10 a 20 cm. Esto puede tener un posible impacto en la sucesión primaria en Lomas de Atitlán, con especies como *O. xalapensis* y *V. hartwegii*. Estas especies pueden tener implicaciones en el manejo forestal del bosque, ya que, ante cualquier limpia, perturbación o cambio, podrían ser las que predominen en la sucesión primaria y se establezcan como especies más importantes dentro de la reserva. Dentro del bosque existe una regeneración natural del bosque de distintas especies arbóreas, lo que puede ayudar en la

dinámica forestal sin tener que realizar muchos esfuerzos de reforestación que implican gastos monetarios que pueden ser utilizados en otros aspectos.

La sucesión y recambio de las especies también tiene implicaciones en base a las clases diamétricas por especie que se obtuvieron en la investigación. Para la especie *P. pseudostrobus* se obtuvieron individuos con DAPs altos, esto quiere decir que dentro de la reserva la composición de esta especie se ve caracterizada por árboles grandes (Figura 6). Se han realizado estudios en donde la baja densidad de clases diamétricas pueden representar una escasez de regeneración de árboles más pequeños. Estos análisis pueden ayudar a evaluar el estado ecológico de las especies dentro de un bosque (Ajbilou, *et al.* 2003). Por lo que es necesario tener en cuenta que ante cualquier suceso como incendios, plagas o deforestación que haga reducir la cantidad de individuos de la especie, es más propenso que la población de *P. pseudostrobus* se vea reducida. Un posible efecto de esto, es que no existe un recambio de individuos de *P. pseudostrobus*, por lo que implica que en un futuro probablemente la especie disminuirá su presencia en Lomas de Atitlán. Para esta especie es probable que sea necesario realizar una producción en vivero y realizar una restauración activa si se desea mantener en el bosque de Lomas de Atitlán. Como se mencionó anteriormente, *P. pseudostrobus*, fue la especie con el valor más alto de IVI, pero a pesar de ser la especie con el valor más alto, es una de las especies con más riesgo de desaparecer en el futuro de la reserva. Es probable que las zonas de pino-encino necesiten de una regeneración activa, debido a que el crecimiento de otras especies de forma natural sea más difícil por la presencia principalmente de especies de Pinos. Esto podría ayudar a tener un bosque de pino-encino con mayor diversidad de especies.

Especies como *Q. tristis*, *C.donnell-smithii*, es posible que si se encontrarán en un futuro en la reserva, debido a que tienen un recambio de individuos. Para implicaciones de manejo, lo ideal sería lograr tener la presencia de clases diamétricas menores, intermedias y mayores, para las especies de mayor importancia, ya que investigaciones han demostrado que esto aumenta la resiliencia del ecosistema ante perturbaciones (Godínez-Ibarra y Lopez-Mata, 2002).

## **2. Riqueza y distribución de especies de Lomas de Atitlán**

La distribución de riqueza de especies concuerda con los tipos de bosques presentes, ya que se obtuvo menor cantidad de especies en el bosque de pino-encino en donde predomina el pino. La composición del bosque en la parte sur de la reserva era principalmente homogénea con árboles grandes de *P. pseudostrobus*, teniendo un impacto directo en el crecimiento de otras especies. La presencia de pino puede generar un impacto en la baja cantidad de especies por sus propiedades alelopáticas y en general la competencia con otras especies (Gómez-Romero, *et al.* 2013. Esto puede tener un impacto en la riqueza de especies, al ser árboles más grandes existe una mayor competencia y dificultad de crecimiento para plántulas de otras especies; afectando procesos como relaciones simbióticas de raíces, calidad de descomposición, humedad y fuentes de agua y generar competencia interespecífica por la alelopatía (Fernandez, *et al.* 2006; Huber, *et al.* 2008).

La parte noreste, donde la riqueza es mayor, es donde se encuentra el bosque estacionalmente seco de la reserva. Se puede visualizar que el bosque estacionalmente seco tiene una mayor riqueza de especies. Predominan especies como *L. minimiflorus*, *B.*

*simaruba*, *C. tubulosus*, *D. carthagenensis*, *L. diversifolia*, pero también hay otras especies, a diferencia del bosque mixto en donde predominan *P. pseudostrobus*, *Q. tristis* y *C. donnell-smithii* (Figura 10). Los bosques secos, normalmente presentan una mayor diversidad de especies y relaciones ecológicas comparados con los bosques de pino-encino. Siendo ecosistemas altamente diversos, principalmente por las condiciones necesarias, suelo, necesitan menos agua, entre otras características (Balvanera y Aguirre, 2006). Aunque sería necesario comparar estadísticamente y evaluar si existe una diferencia significativa entre los dos tipos de bosque, ya que con los análisis realizados solo se puede observar visualmente en la Figura 8.

Se podría mencionar que las especies que se encuentran distribuidas por distintas zonas de la reserva tienen un impacto en la composición arbórea de la reserva. Especies del género *Pinus* pueden influenciar en la estructura del bosque, ya que se ha registrado en otras investigaciones que donde existe una dominancia de pinos, existe una mayor entrada de luz, lo que puede reducir una reducción en la humedad del suelo (Zavala, *et al.* 2007). Mientras que especies como *Quercus* permiten que exista mayor humedad en el suelo, ya que la presencia de luz es menor, esto permite que existan más epífitas como bromelias y orquídeas (González-Espinosa, *et al.* 2008). Otras especies como *B. simaruba* pueden implicar e indicar otro tipo de condición climática dentro de la reserva, previamente se han identificado especies del género en condiciones de altas temperaturas, condición que se da en el bosque seco de la reserva (Hernández-Pérez, *et al.* 2011). Para esfuerzos de conservación, la riqueza de especies arbóreas puede ayudar a mejorar las condiciones ecológicas y productivas de los ecosistemas (Korboulewsky, *et al.* 2015). A parte de las condiciones climáticas, especies como *C. donnell-smithii*, son fuente de alimento para la fauna de la Reserva, principalmente teniendo un rol importante en la atracción de especies de aves dispersoras (Frost, *et al.* 2020).

Las especies de bosque seco como *L. minimiflorus*, *B. simaruba*, *C. tubulosus* y *L. diversifolia* (Figura 11), se encontraron distribuidas principalmente en la parte noroeste y oeste de la reserva. Por lo que se logró visualizar en que parte se encuentra la mayor parte del bosque estacionalmente seco de Lomas de Atitlán. Las especies mencionadas anteriormente tuvieron valores más altos en los índices de valor de importancia, siendo las principales que componen el bosque seco, pero existe una mayor diversidad de especies presentes comparado con el bosque de pino encino.

El impacto de la diversidad de especies arbóreas no solo es un aspecto forestal, también tiene un impacto en la flora, fauna, suelo y reducción de perturbaciones. Es necesario realizar más investigaciones sobre la relación tipo de ecosistema-fauna en Lomas de Atitlán, pero se podría asumir que, a mayor diversidad de especies arbóreas, existirá una relación positiva con otros grupos taxonómicos (Scheu, 2005). Incluso la diversidad arbórea favorece con más materia en descomposición favorable para la descomposición y la microfauna del suelo (Zuo, *et al.* 2020). Mientras que la falta de diversidad arbórea puede reducir la capacidad de resiliencia del bosque ante cualquier perturbación que afecte a las especies predominantes. Por ejemplo, si ocurre un incendio o plaga que afecte considerablemente la población de *P. pseudostrobus*, es muy probable que esta región del bosque sea más difícil de recuperarse.

## B. Susceptibilidad del bosque a incendios, en base al grosor de corteza

Se tenía como objetivo poder evaluar la susceptibilidad del bosque a incendios forestales, en base al rasgo funcional, grosor de corteza. La distribución del grosor de corteza puede dar una idea de la capacidad de tolerar incendios dentro de la reserva. Se sabe que especies del género *Pinus* y *Quercus* han desarrollado modificaciones que les permite tener una corteza más gruesa resistente a incendios. El grosor de la corteza también favorece la capacidad de regeneración de meristemos, por lo que se podría dar una explicación de porque estas regiones de la reserva están conformadas principalmente por *P.pseudostrobus* y *Q. trsitis*. Son especies de edad avanzada que probablemente han soportado incendios leves hace muchos años, conformando la composición del bosque, esto puede ser una posible explicación de porque no existe una regeneración tan activa como las otras especies. (Casals, *et al.* 2018; Secaira, 2020).

La diferencia de grosor de corteza entre especies puede dar una idea sobre cuales especies han generado adaptaciones dentro de la reserva ante incendios. Especies como *P. pseudostrobus* tienen claramente un grosor de corteza mucho mayor que especies arbóreas como *I.liebmanii* o *G. laurifolia* (Cuadro 3; anexo 7). Con base en las especies con un menor grosor de corteza se podría implementar un plan de prevención de incendios en las regiones donde se encuentren estas especies, ya que probablemente no tienen la capacidad para resistir a incendios como *P.pseudostrobus* o *Q. tristis*. Para estas zonas del bosque es necesario realizar un mayor énfasis en las brechas cortafuego y un monitoreo con mayor esfuerzo ante riesgos de los incendios.

Para aspectos de conservación se observa que existe un mayor grosor de corteza en la parte sur de la reserva, precisamente donde se encuentran la mayor parte de pinos y encinos. Es probable que ante un incendio esta región será más resistente comparado con el resto de la reserva. Aunque es posible que las únicas especies resistentes a fuego en esta región sean los pinos y encinos, ya que las otras especies presentaron un grosor de corteza medio más bajo (Figura 12). Por lo que el impacto ante un incendio puede ser igual de severo, ya que dejaría un bosque con menor diversidad de especies. Es probable que la zona en donde exista un mayor riesgo ante un incendio, sea la del bosque estacionalmente seco, debido a que obtuvo un grosor de corteza medio más bajo (7.5mm). Este bosque se encuentra en la parte con más pendiente de la reserva, en donde las condiciones y viento pueden generar una propagación más rápida, aumentando el riesgo de incendios (Abarca y Quiroz, 2005).

Como se observa en la Figura 13 el bosque de ribera fue el que obtuvo una menor media de grosor de corteza. Se podría considerar que al ser el ecosistema con un menor grosor de corteza sea el que tiene más riesgo ante un incendio, pero en realidad por su condición climática, los incendios son un riesgo. Al ser un ecosistema cercano a fuentes de agua y con mayor humedad tanto en el suelo como en el material vegetal, la probabilidad que se de o se propague un incendio es muy baja a menos que se den eventos aislados (Maki, *et al.* 2004). En base a los resultados se podrían clasificar tres zonas con grosor de corteza significativamente diferente, siendo el Bosque estacionalmente Seco, Bosque de Ribera y Bosque de Pino Encino, en donde el bosque de pino-encino (pinos y encinos) es el que está más adaptado ante un incendio, siendo la región sur de la reserva.

### **C. Plan de Manejo Forestal PROBOSQUES**

Los dos tipos de bosque tienen un estado de conservación bueno según INAB, pero teniendo una calificación que no es tan alta. Es posible que las causas del estado de conservación sean las mismas o muy parecidas para ambos bosques, las cuales se basan en el impacto de caminos y senderos dentro de la reserva, la falta de especies de fauna y flora amenazadas. Al ser un bosque que comparte con terrenos privados y colindante a poblaciones humanas muy cercanas, se podría decir que se encuentra en buen estado. Valorizando las fuentes de agua e incentivando una mayor realización de investigaciones es probable que los dos tipos de bosque principales puedan mejorar o mantener el estado de conservación.

Para que el valor del estado de conservación de la reserva se mantenga o suba es necesario seguir realizando prácticas de conservación, como se observa en el anexo 8. El monto de aproximadamente Q.2,000.00 a Q.2,500.00 por hectárea permitiría proveer de ingresos a Lomas de Atitlán, permitiendo realizar distintas prácticas de conservación. Una de ellas es poder realizar reforestaciones con más especies arbóreas nativas, aumentando la diversidad de especies y de familias para un futuro. Se podría implementar una reforestación en la parte sur de la reserva, donde actualmente predominan los pinos. Esto podría ayudar a modificar esta zona de la reserva en un bosque más heterogéneo, en un futuro. Se podría realizar reforestación activa con las especies nativas de la reserva que se consideren de mayor importancia para la asociación de Lomas de Atitlán. Mientras que especies de menos cuidado y esfuerzo de regeneración pueden tener una regeneración pasiva sin tanta intervención. Es importante realizar actualizaciones de los listados de fauna, ya que probablemente estos han cambiado de la última vez que se realizaron. De la misma manera, se deben realizar monitoreos constantes para flora, ya que el monitoreo de la diversidad de Lomas de Atitlán puede ayudar a identificar aumento o disminución de especies durante los años.

De la misma manera se deben realizar monitoreos de vigilancia y control de posibles plagas, incendios e incluso de seguridad o extracción ilegal. Esto se puede realizar con la ampliación de sistemas de hidrantes, mantenimiento de brechas cortafuego y monitoreo de parte de la asociación de vecinos. Los dos bosques principales (Pino-encino y estacionalmente seco) suelen ser susceptibles ante incendios forestales por la cantidad de materia orgánica que se acumula y sus propiedades. Actualmente se tiene una brecha cortafuego de 3 metros de ancho y 2.5 km de largo, cubriendo un 80% de las áreas vulnerables. Es necesario mantener y ampliar las brechas. La reforestación con especies distintas especies nativas puede permitir una reducción y prevención de plagas, ya que la estructura del bosque no es homogénea.

El ingreso del plan de manejo al programa de PROBOSQUES, permite generar ingresos para la Reserva Lomas de Atitlán. Este es uno de los aspectos más importantes logrados por la investigación, ya que es una forma de recibir beneficios económicos gracias a la investigación y la conservación del bosque. El ingreso del plan de manejo, bajo la línea de protección de fuentes de agua, es justificable debido a la presencia de distintas fuentes de agua dentro de la reserva, la cual se encuentra en una zona de alta recarga hídrica. Este recurso beneficia a los habitantes de Lomas de Atitlán, pero también para agricultores y

habitantes de zonas aledañas. Los beneficios económicos ayudarán a generar más investigación, protección de la biodiversidad, así como el mejoramiento de planes de trabajo que actualmente existen pero necesitan mejoras (mantenimiento de brechas corta fuego, senderos, aprovechamiento maderable, fuentes de agua para prevención de incendios, miradores de fauna, entre muchos más).

## VIII. CONCLUSIONES

- El listado de especies comprende 80 especies arbóreas, de las cuales 74 se lograron identificar hasta especie.
- Se obtuvieron nuevos registros para la Reserva Lomas de Atitlán: *Senecio cobanensis*, *Xylosma quichensis*, *Eugenia oerstediana*, *Piper schiedeanaum*, *Piper martensianum*, *Eupatorium* sp., *Verbesina* sp., *Ilex liebmanni* y *Croton verapazensis*.
- Las familias con mayor riqueza de especie fueron Fabaceae (10), Asteraceae (5) y Fagaceae (10).
- Las 10 especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron: *Pinus pseudostrobus* (38.436), *Quercus tristis* (25.295), *Cithaerxylum donnell-smithii* (19.253), *Lonchocarpus minimiflorus* (17.607), *Viburnum hartwegii* (14.191), *Diphysa carthagenensis* (12.140), *Bursera simaruba* (10.584), *Cnidocolus tubulosus* (10.328), *Leucaena diversifolia* 9.821) y *Oreopanax xalapensis* (8.741).
- De las 10 especies más importantes, únicamente *P. pseudostrobus* tiene clases diamétricas de tipo mayor (mayor a 40 cm), mientras que el resto tiene clases diamétricas menores, siendo árboles más jóvenes.
- Existe una mayor riqueza de especies arbóreas para el bosque estacionalmente seco, teniendo hasta 17 especies en la parte noroeste de la Reserva Natural Lomas de Atitlán, contra 6 especies en el bosque pino-encino.
- *P. pseudostrobus* se encuentra distribuido en la parte sur de la Reserva Natural Lomas de Atitlán. *Q. tristis* se encuentra principalmente distribuido en el noreste de la Reserva Natural Lomas de Atitlán.
- *L.minimiflorus*, *B. simaruba*, *C.tubulosus* y *L. diversifolia* se encuentran principalmente distribuidos en el noroeste de la Reserva Natural Lomas de Atitlán.
- Los árboles con grosor de corteza media más altos se encuentran principalmente distribuidos en la parte sur de la Reserva Natural Lomas de Atitlán.
- *P. pseudostrobus* fue la especie que presentó un grosor de corteza mayor (22.3mm). Siendo significativamente diferente de especies como *I.liebmannii*, *G. laurifolia*, *L. fruticosa*, *E. japonica* y *C. phaenostemon*.
- El bosque de Pino-encino (Pinos y encinos) tuvo el grosor de corteza más alto (24.87), seguido por Bosque Estacionalmente Seco (7.50), Pino-encino (otros) (6.40 mm) y Bosque de Ribera (5.98).
- El bosque estacionalmente seco y bosque pino-encino de la Reserva Natural Lomas de Atitlán, se encuentran en un estado de conservación bueno.

## IX. RECOMENDACIONES

- Realizar planes y monitoreos de conservación de los bosques de la Reserva Natural Lomas de Atitlán en base a la investigación realizada. Con esto se pueden identificar los planes de manejo para la conservación tanto para el bosque mixto como para el bosque estacionalmente seco. Se deben realizar monitoreos anuales con la línea base de las parcelas trabajadas en la investigación.
- Promover la regeneración de especies arbóreas nativas de la región para aumentar la heterogeneidad del bosque y así aumentar la diversidad forestal, promoviendo una dinámica forestal con resiliencia ante cualquier perturbación o catástrofe futura. Es necesario monitorear las especies con clases diamétricas mayores, como lo fue con *P. pseudostrobus*. Es necesario monitorear esta especie ya que es probable que con el tiempo la especie no esté presente en el bosque.
- Promover la conservación de los nacimientos y fuentes de agua dentro de la reserva, debido a que son elementos importantes para la ecología y dinámica de los ecosistemas presentes en Lomas de Atitlán. De la misma manera es necesario realizar análisis sobre la calidad del agua en los distintos cuerpos de agua (nacimientos, riachuelos, río) en localidades distintas dentro de la reserva.
- Es necesario realizar más análisis de rasgos funcionales en Lomas de Atitlán, debido a la falta de tiempo, solo fue posible realizar análisis sobre la corteza. Pero sería ideal realizar análisis sobre el área foliar y foliar específica de las distintas especies de árboles encontradas en la reserva. Esto ayudaría a comprender más la dinámica forestal dentro de la reserva, así como identificar posibles explicaciones a tolerancia de incendios, perturbaciones, humedad, entre otras.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre otros grupos taxonómicos, tanto para flora y fauna de la reserva. Se generará más información científica para la Reserva Lomas de Atitlán. Es importante actualizar los datos que se tienen de los grupos taxonómicos como aves, herpetología, mamíferos, invertebrados, hongos, plantas menores, etc.
- Para futuras investigaciones con base en lo forestal, se recomienda realizar la misma cantidad de parcelas en el bosque estacionalmente seco y en el bosque de pino encino. Debido a tiempo, no fue posible realizar la misma cantidad de parcelas para los dos tipos de bosque principales. Esto podría mejorar las validaciones de los análisis estadísticos realizados.
- Realizar publicaciones científicas según las investigaciones realizadas en Lomas de Atitlán, para aumentar el peso de conservación de la reserva y así generar más valor científico.

## X. LITERATURA CITADA

- Abarca, O. y Quiroz, G. 2005. *Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional Henri Pittier: Veriente sur, area colindante con la ciudad de Maracay*. *Agronomía Tropical*, 55(1): 35-62.
- Aguilar, G. Peña, M. Iza, A. Alanis, G. Sobenes, A. López, J., Vallejos, M., Rocha, M. y Young, J. 2014. *Legalidad Forestal en Mesoamérica*. San José, Costa Rica. UICN. 630 pp.
- Ajbilou, R., Marañon, T. y Arroyo, J. 2003. *Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos*. *Invest. Agrar: Sist. Recur. For.*, 12(2):111-123.
- Asselen, S. y Verburg, P. 2013. *Land cover change or land-use intensification: stimulating land system change with a global-scale land change model*. *Global Change Biology*, 19(12): 3648-3667.
- Balvanera, P. y Aguirre, E. 2006. *Tree Diversity, Environmental Heterogeneity, and Productivity in a Mexican Tropical Dry Forest*. *Biotropica*, 38(4): 479-491.
- Balvanera, P., Pfisterer, A., Buchmann, N., He, J., Nakashizuka, T., Raffaelli, D. y Schmid, B. 2006. *Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services*. *Ecology Letters*, 9: 1146-1156.
- Brando, P., Nepstad, D., Balch, J., Bolker, B. Christman, M., Coe, M. y Putz, F. 2012. *Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, Wood density and fire behavior*. *Global Change Biology*, 18: 630-641.
- Bu, W., Huang, J., Xu, H., Zang, R., Ding, Y., Li, Y., Lin, M., Wang, J. y Zhang, C. 2019. *Plant Functional Traits Are the Mediators in Regulation Effects of Abiotic Site Conditions on Aboveground Carbon Stock-Evidence From a 30 ha Tropical Forest Plot*. *Front. Plant Sci*, 9:1958.
- Cano, E. y Schuster, J. 2012. *Biodiversidad de Guatemala. Volumen 2*. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 328 pp.
- Casals, P., Valor, T., Rios, A. y Shipley, B. 2018. *Leaf and bark functional traits predict resprouting strategies of understory Woody species after prescribed fires*. *Forest Ecology and Management* 429:158-174.
- CBD. 1994 (Convention on Biological Diversity). *Convention on biological diversity. Interim Secretariat for the Convention on Biological Diversity*. Switzerland.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2016. *Like-Minded Mega Diverse Countries Carta to Achieve AICHI Biodiversity Target 11*. Conference of The Parties To The Convention on Biological Diversity.

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 2018. *Manual para el monitoreo ecológico y productivo de bosques secundarios latifoliados de Mesoamérica*. Manual técnico no. 143. Turrialba, Costa Rica.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 2011. *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. Informe técnico 384. Turrialba, Costa Rica.
- Chan, K., Shaw, R., Cameron, D., Underwood, E. y Daily, G. 2006. *Conservation Planning for Ecosystem Services*. PLoS Biology 4(11): 2138-2152.
- Chapin, S., Matson, P. y Vitousek, P. 2012. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Nueva York, Springer-Verlag New York, 380 p.
- Cochrane, M. 2009. *Tropical Fire Ecology: Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics*. Nueva York, Springer, 7p.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 2018. *Plan Maestro Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA) 2018-2022*.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 2014. *V INFORME NACIONAL DE CUMPLIMIENTO A LOS ACUERDOS SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA*. Guatemala. Documento Técnico No.3. 27-28 pp.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 2012. *Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción*. Guatemala. Documento Técnico No. 105 (01-2012).
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas) 2011. *Política Nacional de Diversidad Biológica*. Guatemala. Políticas, Programas y Proyectos No. 13. 41pp.
- CONAP. 2009. *Lista de Especies Amenazadas de Guatemala -LEA-*. Guatemala: Documento Técnico 67 (02-2009).
- Cordero, A. 2011. *Cuando los árboles no dejan ver el bosque: Efectos de los Monocultivos Forestales en la Conservación de la Biodiversidad*. Acta biol. Colomb., 16(2): 247-268.
- De la Cruz, J. 1982. *Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a Nivel de Reconocimiento*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Sector Público Agropecuario y de Alimentación. Instituto Nacional Forestal. Unidad de Evaluación y Promoción. Dirección General de Servicios Agrícolas. 9 pp.
- De la Riva, E., Pérez-Ramos, I., Navarro-Fernández, C., Olmo, M., Marañón, T. y Villar, R. 2014. *Rasgos funcionales en el género Quercus: estrategias adquisitivas frente a conservativas en el uso de recursos*. Ecosistemas, 23(2): 82-89.

- Dickinson, R., Tian, Y., Liu, Q. y Zhou, L. 2008. *Dynamics of leaf area for climate and weather models*. Journal of Geophysical Research, 113. doi:10.1029/2007JD008934.
- Díaz, S. *et al.* 2013. *Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability*. Ecology and evolution 3(9): 2958-2975.
- Díaz, S. *et al.* 2015. *The IPBES Conceptual Framework-connecting nature and people*. Environmental Sustainability, 14:1-16.
- Díaz, S. *et al.* 2018. *Assessing nature's contributions to people*. Science 359 (270), Supplementary Material: 7-9.
- Díaz, S. y Cabido, M. 2001. *Vive la différence: Plant Functional diversity matters to ecosystem processes*. Trends in Ecology and Evolution 16(11):646-655.
- Díaz, S., Lavorel, S., Stuart, F., Tecco, P., Gurvich, D. y Grigulis, K. 2007. *Functional Diversity-at the Crossroads between Ecosystem Functioning and Environmental Filters*. *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. The IGBP Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 81-91pp.
- Dix, M., Medinilla, O. y Castellanos, E. 2003. *Diagnóstico Ecológico-Social en la Cuenca de Atilán*. Universidad del Valle de Guatemala/The Nature Conservancy, Guatemala. 13 p.
- Echeverría-Londoño, S. *et al.* 2019. *Plant Functional Diversity and the Biogeography of Biomes in North and South America*. Front. Ecol. Evol, 6:219.
- Ellis, E. 2013. *Sustaining biodiversity and people in the world's anthropogenic biomes*. Environmental Sustainability, 5: 368-372.
- Ellison, D., Morris, C. Locatelli, B. Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., Gutiérrez, V. Noordwijk, M., Creed, I., Pokorny, J., Gaveau, D. Spracjlen, D., Tobella, A. Ilstedt, U., Teuling, A. Gebreyohannis, S., Sands, D., Muys, B., Verbist, B., Sptinggay, E. Sugandi, Y. y Sullivan, C. 2017. *Trees, forests and water: Cool insights for a hot world*. Global Environmental Change 43: 51-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>.
- Escobedo, F., Kroeger, T. y Wagner, J. 2011. *Urban forest and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices*. Environmental Pollution 159: 2078-2087.
- FAO. 2009. *Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina*. Fortalecimiento del Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en las Áreas Protegidas de América Latina. 1-134.

- Flannigan, M., Amiro, B., Logan, K., Stocks, B. y Wotton, B. *Forest Fires and Climate Change in the 21<sup>st</sup> Century*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 11: 847-859.
- Fernandez, C., Lelong, B., Vila, B., Mévy, J., Robles, C., Greff, S., Dupouyet, S. y Bousquet-Mélou, A. 2006. *Potential allelopathic effect of Pinus halepensis in the secondary succession: an experimental approach*. Chemoecology, 16: 97-105.
- FIPA y USAID. 2002. *Análisis de la Biodiversidad en Guatemala*. Proyecto de Fortalecimiento Institucional en Políticas Ambientales.
- FODECYT. 2006. *Elaboración y Validación Metodológica para la Investigación, conservación y acompañamiento en la Gestión Comunitaria Integrada de los patrimonios natural y cultural*. Estudio de Caso en San Andrés Semetabaj, Sololá. Proyecto FODECYT No.36. Guatemala.
- Frost, L., O'leary, N., Lagomarsino, L., Tank, D. y Olmstead, R. 2020. *Phylogeny, Classification, and Character Evolution of Tribe Citharexyleae (Verbenaceae)*. American Journal of Botany. doi:10.1002/ajb2.1750.
- Funk, V., Susanna, A., Steussy, T. y Robinson, H. 2009. *Classification of Compositae. Systematics, evolution, and biogeography of Compositae*. International Association for Plant Taxonomy: 171-189.
- Garnier, E., Shipley, B., Roumet, C. y Laurent, G. 2001. *A Standardized Protocol for the Determination of Specific Leaf Area and Leaf Dry Matter Content*. Functional Ecology, 15(5): 688-695.
- GIMBUT. (2019). *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2016 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2010-2016*. 1–7. <http://www.sifgua.org.gt/Cobertura.aspx>.
- Girón, E. 2010. *Diagnóstico general sobre los efectos de los incendios y quemas sobre los ecosistemas terrestres en la Reserva de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago de Atitlán ante el Cambio Climático*. Guatemala. Asociación Vivamos Mejor.
- Glander, K. y Nisbett, R. 1996. *Community Structure and Species Density in Tropical Dry Forest Associations at Hacienda La Pacifica In Guanacaste Province, Costa Rica*. BRENESIA 45: 113-142.
- Gódinez-Ibarra, O. y López-Mata, L. 2002. *Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica, 73(2): 283-314.

- Gómez-Romero, M., Barrera, E., Villegas, J. y Lindig-Cisneros, R. 2013. *Fertilización y asociación con especies pioneras herbáceas en el crecimiento Pinus pseudostrabus*. Revista Internacional de Botánica Experimental, 82: 135-143.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., y Galindo-Jaimes, L. 2008. *Secondary Sucession in Montane Pine-Oak Forests of Chiapas, Mexico*. Ecological Studies, 185: 209-221.
- Harvey, W. Nogué, S., Stansell, N., Petrokofsky, G., Steinman, B., Willis, K. 2019. *The Legacy of Precolumbian Fire on the Pine Oak Forests of Upland Guatemala*. Frontiers in Forests and Global Change. doi: 10.3389/ffgc.2019.00034.
- Hernández-Pérez, E., González-Espinosa, M., Trejo, I. y Bonfil, C. 2011. *Distribución del género Bursera en el estado de Morelos, México y su relación con el clima*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82: 964-976.
- Holwerda, F., Bruijnzeel, L., Muñoz, L., Equihua, M. y Asbjornsen, H. 2010. *Rainfall and cloud water interception in mature and secondary lower montane cloud forests of central Veracruz, Mexico*. Journal of Hydrology, 384: 84-96.
- Huber, A., Iroumé, A. y Bathurst, J. 2008. *Effect of Pinus radiata plantations on water balance in Chile*. Hydrological Processes, 22: 142-148.
- Hutchison, C., Gravel, D., Guichard, F. y Potvin, C. 2018. *Effect of diversity on growth, mortality, and loss of resilience to extreme climate events in a tropical planted forest experiment*. Nature, Scientific Reports, 8:1-10.
- IARNA-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). 2018. *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. Guatemala. 5-7pp.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2001. *Mapa de ecosistemas vegetales de Guatemala*. Guatemala.
- INAB. 2010. *Ley de PINPEP. Programa de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra*.
- INAB. 2015. *Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala, PROBOSQUE*.
- INAB. 2020. *Fichas y Guía descriptiva de Indicadores para la Evaluación del Estado de Conservación de los Bosques Estratégicos de INAB*. Departamento de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos (CEFE).
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2019. *Informe de la Evaluación Mundial sobre la Diversidad*

*Biológica y los Servicios de los Ecosistemas. Resumen para los encargados de la formulación de políticas.* IPBES secretariat, Bonn, Alemania. 56p.

Korboulewsky, N., Perez, G. y Chauvat, M. 2015. *How tree diversity affects soil fauna diversity: A review.* Soil Biology & Biochemistry: 1-13.

Landenberger, R. y Ostergren, D. 2002. *Eupatorium rugosum (Asteraceae) flowering as an indicator of edge effect from clearcutting in mixed-mesophytic forest.* Forest Ecology and Management, 155: 55-69.

Lawes, M., Richards, A., Dathe, J. y Midgley, J. 2011. *Bark thickness determines fire resistance of selected tree species from fire-prone tropical savanna in north Australia.* Plant Ecology, 212: 2057-2069.

Le Coq, J. 2012. *Pago por servicios Ambientales en Guatemala: un inventario preliminar de experiencias.* Valuations Markets and Policies for Biodiversity & Ecosystem Services.

Lohbeck, M., Poorter, L. Paz, H., Pla, L. Breugel, M. Martínez-Ramos, M. y Bongers, F. 2012. *Functional diversity changes during tropical forest succession.* Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 14: 89-96.

Loreau, M. & Mazancourt, C. 2008. *Species synchrony and its drivers: Neutral and nonneutral community dynamics in fluctuating environments.* The American Naturalist, 172:48-66.

Lhumeau, A. y Cordero, D. 2012. *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático.* UICN, Quito, Ecuador. 17 pp.

Lugo, A., Medina, E., Trejo-Torres, J. y Helmer, E. 2006. *Botanical and ecological basis for the resilience of Antillean dry forests. Neotropical savannas and seasonally dry forests.* Plant diversity, biogeography and conservation: 359-381.

MARN (Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales). 2015. *Diagnóstico del Marco Jurídico Ambiental guatemalteco en los temas de derechos de propiedad sobre bienes y servicios ambientales y elementos de cambio climático vinculados a REDD+ en el marco del Decreto 7-2013.* MARN. Guatemala.

MARN (Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales). 2018. *Plan Maestro Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA) 2018-2022.* MARN. Guatemala.

Maki, M., Ishihara, M. y Tamura, M. 2004. *Estimation of leaf water status to monitor the risk of forest fires by using remotely sensed data.* Remote Sensing of Environment, 90: 441-450.

- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. 2015. *Estrategia de Restuariación del Paisaje Forestal: Mecanismo para el Desarrollo Rural Sostenible de Guatemala*. Guatemala, Editorial Serviprensa. 58pp.
- Moreno, C. 2001. *Metodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA*, 1. Zaragoza, España.
- Ostertag, R., Warman, L., Cordell, S. y Vitousek, P. 2015. *Using plant functional traits to restore Hawaiian rainforest*. *Journal of Applied Ecology* 52: 805-809.
- Pagiola, S. 2008. *Payments for environmental services in Costa Rica*. *Ecological Economics*, 65:712-724.
- Pausas, J., Bradstock, R., Keith, D., Keeley, J. y GCTE. 2004. *Plant Functional Traits in Relation To Fire in Crown-Fire Ecosystems*. *Ecology*, 85(4): 1095-1100.
- Pausas, JG. 2015. *Bark thickness and fire regime*. *Functional Ecology*, 29(3): 315-327. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12372>.
- Pausas, JG; Keeley, JE; Schwilk, DW. 2017. *Flammability as an ecological and evolutionary driver*. *Journal of Ecology* 105(2):289-297.
- Pellegrini, A., Anderegg, W., Paine, C., Hoffmann, W., Kartzinel, T., Rabin, S., Sheil, D., Franco, A. y Pacala, S. 2017. *Convergence of bark investment according to fire and climate structures ecosystem vulnerability to future change*. *Ecol. Lett.*, 20:307-316.
- Pennington, R., Lavin, M. y Oliveira, A. 2009. *Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests*. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 40:437-457.
- Pramova, E., Locatelli, B., Djoudi, H. y Somorin, O. 2012. *Forests and trees for social adaptation to climate variability and change*. *WIREs Clim Change*, 3: 581-596.
- Romero-Duque, L., Jaramillo, V. y Pérez, A. 2007. *Structure and diversity of secondary tropical dry forests in Mexico, differing in their prior land-use history*. *Forest Ecology and Management* 253: 38-47.
- Rodríguez-Trejo, D. y Myers, R. 2010. *Using Oak Characteristics to Guide Fire Regime Restoracion in Mexican Pine-Oak and Oak Forests*. *Ecological Restoration*, 28 (3): 304-323.
- Ruíz-Montoya, L., Correa-Vera, V., Alfaro-González, F., Ramírez-Marcial, N., Verónica-Vallejo, R. 2011. *Diversidad genética de Oreopanax xalapensis (Araliaceae) en Los Altos de Chiapas*. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 88: 15-25.

- Santiago-García, W., De los Santos-Posada, H., Ángeles-Pérez, G., Corral-Rivas, J., Valez-Lazalde, J. y Del Valle-Paniagua, D. 2014. *Predicción del Rendimiento Maderale de Pinus patula Schl. et. Cham.* A Través de Modelos de Distribución Diamétrica. *Agrociencia*, 48: 87-101.
- Salgado, B. 2007. *Definición de Tipos Funcionales de Especies Arbóreas y Caracterización de su respuesta a Diferentes Intensidades de Perturbación en un Bosque Muy Húmedo Tropical Mesoamericano.* Programa de Educación Para el Desarrollo y Conservación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 8 pp.
- Salgado, B. 2015. *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 236 pp.
- Schmid, B. Joshi, J., Schlapfer, F. 2002. *Emperical evidence for biodiversity-ecosystem functioning relationship. The functional Consequences of Biodiversity: Emperical Progress and Theoretical Extensions.* Princeton University Press, Princeton, NJ: 120-150.
- Scheu, S. 2005. *Linkages Between Tree Diversity, Soil Fauna and Ecosystem Processes.* *Ecological Studies*, 176: 211-233.
- Secaira, S. 2018. *Plan de Manejo de la Reserva Natural Privada Lomas de Atitlán.* Junta Directiva de la Asociación de Vecinos de Lomas de Atitlán. Sololá, Guatemala.
- Secaira, S. 2020. *El regimen de incendio y los rasgos funcionales de Quercus en los ecosistemas de montaña de Guatemala.* Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, CATIE.
- Stone, D., Oh, S. y Tripp, E. 2009. *Natural history, distribution, phylogenetic relationships, and conservation of Central American black walnuts (Juglans sect. Rhysocaryon).* *Journal of the Torrey Botanical Society*, 136(1): 1-25.
- Suarez, A., Williams-Linera, G., Trejo, C., Valdez-Hernández, J., Cetina-Alcalá, V. y Vibrans, H. 2012. *Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, Mexico.* *Agroforest Syst*, 85: 35-55.
- Suding, K., Lavorel, S., Chapin, F., Cornelissen, J., Díaz, S., Garnier, E. *et al.* 2008. *Scaling environmental change through the community-level: a trait based response and effect framework for plants.* *Global Change Biology*, 14: 1125-1140.
- USAID. 2017. *Climate Change Risk Profile GUATEMALA. Country Climate Risk Profile, Climate Change Adaptation, Thought Leadership and Assessments.*

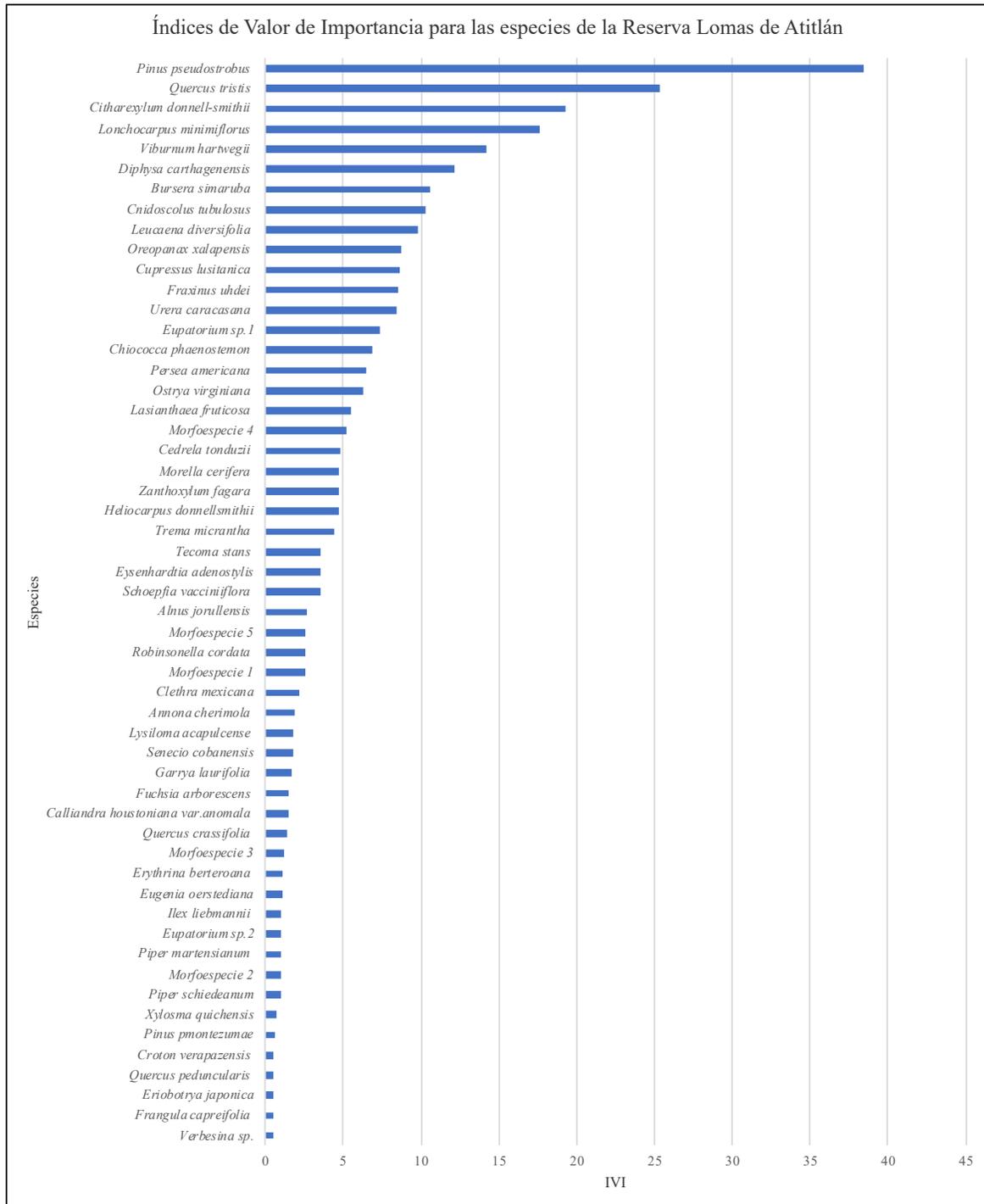
- Violle, C. Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C. Hummel, I. y Garnier, E. 2007. *Let the concept of trait be functional!* Oikos 116: 882-892. doi: 10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x
- Vivero, J. Szejner, M., Gordon, J. y Magin, G. 2006. *The red list of trees of Guatemala*. Flora & Fauna International, Cambridge UK.
- Wensheng, B., Huang, J., Xu, H., Zang, R., Ding, Y., Li, Y., Lin, M., Wang, J. y Zhang, C. 2019. *Plant Functional Traits Are Mediators in Regulating Effects of Abiotic Site Conditions on Aboveground Carbon Stock-Evidence From a 30 ha Tropical Forest Plot*. Frontiers in Plant Science 9. doi: 10.3389/fpls.2018.01958
- West, P., Narisma, G., Barford, C., Kucharik, C. y Foley, J. 2011. *An alternative approach for quantifying climate regulation by ecosystems*. Frontiers in Ecology and the Environment, 9(2):126-133.
- Williamson, B. y Wiemann, C. 2010. *Measuring Wood Specific Gravity... Correctly*. American Journal of Botany, 97(3): 519-524.
- Wolfe, B. y Bloem, S. 2012. *Subtropical dry forest regeneration in grass-invaded areas of Puerto Rico: Understanding why Leucaena leucocephala dominates and native species fail*. Forest Ecology and Management, 267: 253-261.
- Zavala, M., Galindo-Jaimes, G. y González-Espinosa, M. 2007. *Models of Regional and Local Stand Composition and Dynamics of Pine-Oak Forests in the Central Highlands of Chiapas (Mexico): Theoretical and Management Implications*. Models of Stand Composition and Forest Dynamics: 223-243.
- Zuo, J., Berg, M., Hal, J., Logtestijn, R., Goudzwaard, L., Hefting, M., Poorter, L., Sterck, F., Cornelissen, J. 2020. *Fauna Community Convergence During Decomposition of Deadwood Across Tree Species and Forests*. Ecosystems, 24: 926-938.

## XI. ANEXOS

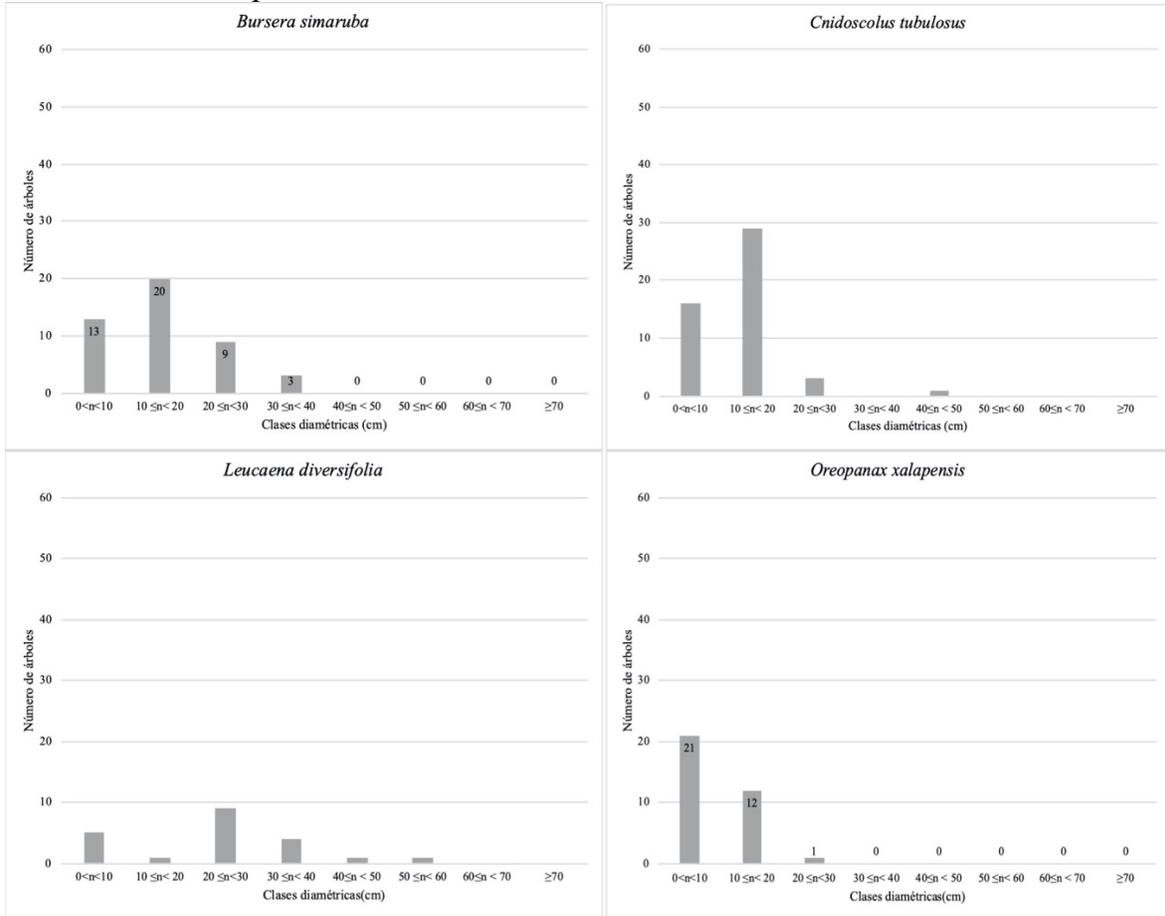
**Anexo 1.** Número de individuos por especie de árboles muestreados en las 22 parcelas de Lomas de Atitlán. Teniendo un total de 947 árboles muestreados.

No.	Especie	Individuos	No.	Especie	Individuos
1	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	98	28	Morfoespecie 5	8
2	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	92	29	<i>Senecio cobanensis</i>	8
3	<i>Quercus tristis</i>	72	30	<i>Trema micrantha</i>	8
4	<i>Viburnum hartwegii</i>	61	31	<i>Annona cherimola</i>	6
5	<i>Cnidocolus tubulosus</i>	49	32	<i>Lysiloma acapulcense</i>	6
6	<i>Bursera simaruba</i>	45	33	<i>Eugenia oerstediana</i>	6
7	<i>Urera caracasana</i>	39	34	<i>Robinsonella cordata</i>	6
8	<i>Pinus pseudostrobus</i>	38	35	<i>Alnus jorullensis</i>	5
9	<i>Diphysa carthagenensis</i>	36	36	<i>Clethra mexicana</i>	4
10	<i>Oreopanax xalapensis</i>	34	37	<i>Garrya laurifolia</i>	4
11	<i>Chiococca phaenostemon</i>	31	38	Morfoespecie 3	4
12	<i>Eupatorium sp.1</i>	25	39	<i>Calliandra houstoniana var.anomala</i>	3
13	<i>Cupressus lusitanica</i>	21	40	<i>Erythrina berteroa</i>	3
14	<i>Fraxinus uhdei</i>	21	41	<i>Fuchsia arborescens</i>	3
15	<i>Leucaena diversifolia</i>	21	42	<i>Eupatorium sp.2</i>	2
16	<i>Ostrya virginiana</i>	21	43	<i>Ilex liebmannii</i>	2
17	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	19	44	Morfoespecie 2	2
18	Morfoespecie 4	18	45	<i>Piper schiedeanum</i>	2
19	<i>Morella cerifera</i>	14	46	<i>Piper martensianum</i>	2
20	<i>Persea americana</i>	14	47	<i>Quercus crassifolia</i>	2
21	<i>Zanthoxylum fagara</i>	14	48	<i>Croton verapazensis</i>	1
22	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	13	49	<i>Eriobotrya japonica</i>	1
23	<i>Schoepfia vacciniiflora</i>	13	50	<i>Frangula capreifolia</i>	1
24	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	12	51	<i>Verbesina sp.</i>	1
25	<i>Tecoma stans</i>	12	52	<i>Pinus pmontezumae</i>	1
26	Morfoespecie 1	11	53	<i>Quercus peduncularis</i>	1
27	<i>Cedrela tonduzii</i>	10	54	<i>Xylosma quichensis</i>	1
	<b>Total</b>				<b>947</b>

**Anexos 2.** Histograma de los valores de IVI para las 54 especies muestreadas.



**Anexo 3.** Clases diamétricas de *B. simaruba*, *C. tubulosus*, *L. diversifolia* y *O. xalapensis*. muestreadas en las parcelas de Lomas de Atitlán.



**Anexo 4.** Clases diamétricas de las especies arbóreas muestreadas en las parcelas de Lomas de Atitlán.

No.	Especie	Clases diamétricas (cm)							
		0<n<10	10 ≤n< 20	20 ≤n<30	30 ≤n< 40	40≤n < 50	50 ≤n< 60	60≤n < 70	≥70
1	<i>Alnus jorullensis</i>	0	3	1	1	0	0	0	0
2	<i>Annona cherimola</i>	4	2	0	0	0	0	0	0
3	<i>Bursera simaruba</i>	13	20	9	3	0	0	0	0
4	<i>Calliandra houstoniana var.anomala</i>	3	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>Cedrela tonduzii</i>	3	3	3	1	0	0	0	0
6	<i>Chiococca phaenostemon</i>	9	19	0	0	0	0	0	0
7	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	51	25	10	4	2	0	0	0
8	<i>Clethra mexicana</i>	2	1	1	0	0	0	0	0
9	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	16	29	3	0	1	0	0	0
10	<i>Croton verapazensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
11	<i>Cupressus lusitanica</i>	9	4	1	1	3	0	1	1
12	<i>Diphysa carthagenensis</i>	12	14	6	1	3	0	0	0
13	<i>Eriobotrya japonica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
14	<i>Erythrina berteroana</i>	1	2	0	0	0	0	0	0
15	<i>Eugenia oerstediana</i>	5	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>Eupatorium sp. 2</i>	2	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Eupatorium sp.1</i>	7	10	5	0	0	0	0	0
18	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	1	7	3	0	0	0	0	0
19	<i>Frangula capreifolia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0

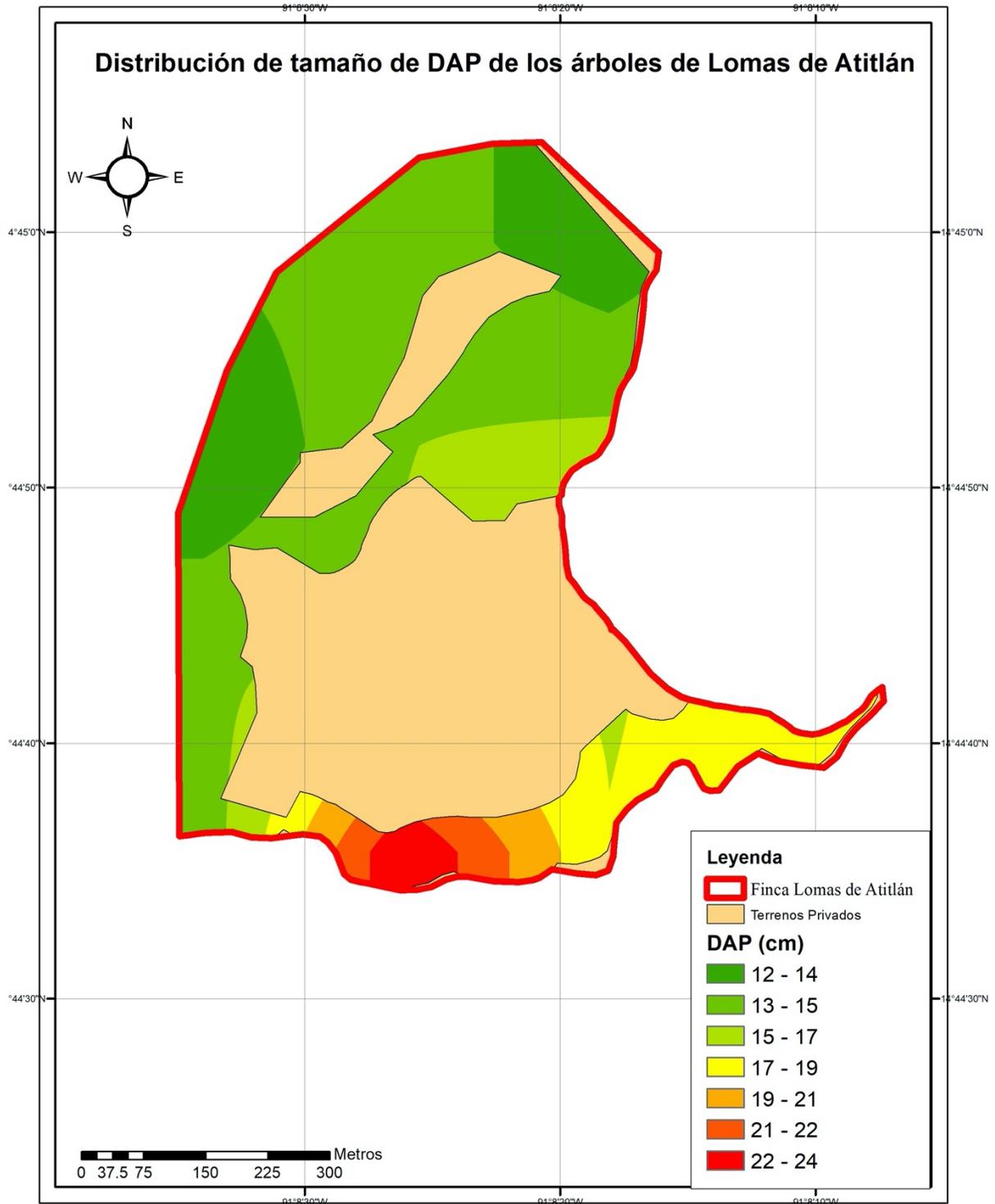
No.	Especie	Clases diamétricas (cm)							
		0<n<10	10 ≤n<20	20 ≤n<30	30 ≤n<40	40≤n<50	50 ≤n<60	60≤n <70	≥70
20	<i>Fraxinus uhdei</i>	11	5	1	0	0	0	1	1
21	<i>Fuchsia arborescens</i>	3	0	0	0	0	0	0	0
22	<i>Garrya laurifolia</i>	2	2	0	0	0	0	0	0
23	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	2	7	2	1	0	0	0	0
24	<i>Ilex liebmannii</i>	2	0	0	0	0	0	0	0
25	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	10	5	1	1	0	0	0	0
26	<i>Leucaena diversifolia</i>	5	1	9	4	1	1	0	0
27	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	52	38	4	3	1	0	0	0
28	<i>Lysiloma acapulcense</i>	0	5	1	0	0	0	0	0
29	<i>Verbesina</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0
30	<i>Morella cerifera</i>	10	3	0	0	0	0	0	0
31	Morfoespecie 1	5	5	0	0	0	0	0	0
32	Morfoespecie 2	2	0	0	0	0	0	0	0
33	Morfoespecie 3	4	0	0	0	0	0	0	0
34	Morfoespecie 4	14	3	0	0	0	0	0	0
35	Morfoespecie5	4	4	0	0	0	0	0	0
36	<i>Oreopanax xalapensis</i>	21	12	1	0	0	0	0	0
37	<i>Ostrya virginiana</i>	8	6	4	1	0	0	0	0
38	<i>Persea americana</i>	7	1	3	1	0	0	0	1
39	<i>Pinus pmontezumae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
40	<i>Pinus pseudostrobus</i>	7	5	0	0	7	3	7	9
41	<i>Piper martensianum</i>	2	0	0	0	0	0	0	0
42	<i>Piper schiedeianum</i>	2	0	0	0	0	0	0	0

No.	Especie	Clases diamétricas (cm)							
		0<n<10	10 ≤n< 20	20 ≤n<30	30 ≤n< 40	40≤n < 50	50 ≤n< 60	60≤n < 70	≥70
43	<i>Quercus crassifolia</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
44	<i>Quercus peduncularis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
45	<i>Quercus tristis</i>	21	24	14	5	3	2	0	2
46	<i>Robinsonella cordata</i>	1	3	2	0	0	0	0	0
47	<i>Schoepfia vacciniiflora</i>	9	3	0	0	0	0	0	0
48	<i>Senecio cobanensis</i>	5	2	0	0	0	0	0	0
49	<i>Tecoma stans</i>	4	7	0	0	0	0	0	0
50	<i>Trema micrantha</i>	3	3	0	0	2	0	0	0
51	<i>Urera caracasana</i>	20	13	3	0	0	0	0	0
52	<i>Viburnum hartwegii</i>	38	13	6	4	0	0	0	0
53	<i>Xylosma quichensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
54	<i>Zanthoxylum fagara</i>	11	2	0	0	0	0	0	0

Se realizó una agrupación de categorías de los rangos de clases diamétricas para cada especie. Para esto se agruparon la cantidad de individuos por especie en los rangos de 0 a 10cm, 10 a 20cm, 20 a 30cm, 30 a 40cm, 40 a 50cm, 50 a 60cm, 60 a 70cm y mayores a 70cm.

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 5.** Mapa de distribución de tamaño de DAP de árboles en la Reserva Lomas de Atilán.



**Anexo 6.** Área basal de las especies arbóreas muestreadas en las parcelas de Lomas de Atitlán.

No.	Especie	Área Basal (cm <sup>2</sup> )	No.	Especie	Área Basal (cm <sup>2</sup> )
1	<i>Pinus pseudostrabus</i>	90465.89	28	Morfoespecie 4	1051.08
2	<i>Quercus tristis</i>	35221.57	29	<i>Morella cerifera</i>	829.41
3	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	16910.79	30	<i>Zanthoxylum fagara</i>	821.03
4	<i>Cupressus lusitanica</i>	14387.92	31	<i>Schoepfia vacciniiflora</i>	810.85
5	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	13532.8	32	Morfoespecie 1	771.67
6	<i>Leucaena diversifolia</i>	12363.16	33	<i>Clethra mexicana</i>	746.08
7	<i>Fraxinus uhdei</i>	11724.38	34	Morfoespecie 5	721.47
8	<i>Bursera simaruba</i>	10463.65	35	<i>Xylosma quichensis</i>	615.75
9	<i>Diphysa carthagenensis</i>	10156.02	36	<i>Senecio cobanensis</i>	488.26
10	<i>Viburnum hartwegii</i>	9528.88	37	<i>Annona cherimola</i>	403.39
11	<i>Cnidioscolus tubulosus</i>	8489.33	38	<i>Garrya laurifolia</i>	399.37
12	<i>Persea americana</i>	6984.88	39	<i>Eugenia oerstediana</i>	261.87
13	<i>Ostrya virginiana</i>	4319.52	40	<i>Pinus pmontezumae</i>	254.47
14	<i>Trema micrantha</i>	4004.49	41	Morfoespecie 3	208.63
15	<i>Eupatorium sp.1</i>	3994.4	42	<i>Erythrina berteroaana</i>	195.01
16	<i>Urera caracasana</i>	3973.64	43	<i>Croton verapazensis</i>	143.14
17	<i>Chiococca phaenostemon</i>	3834.07	44	<i>Fuchsia arborescens</i>	118.86
18	<i>Cedrela tonduzii</i>	3358.72	45	<i>Ilex liebmannii</i>	88.36
19	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	3227.41	46	<i>Eupatorium sp. 1</i>	78.54
20	<i>Oreopanax xalapensis</i>	3046.67	47	<i>Quercus peduncularis</i>	60.82
21	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	2674.17	48	<i>Calliandra houstoniana var. anomala</i>	60.51
22	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	2244.02	49	<i>Piper schiedeanum</i>	47.91
23	<i>Alnus jorullensis</i>	1990.03	50	Morfoespecie 2	47.52
24	<i>Quercus crassifolia</i>	1283.51	51	<i>Piper martensianum</i>	46.06
25	<i>Robinsonella cordata</i>	1280.44	52	<i>Eriobotrya japonica</i>	22.06
26	<i>Tecoma stans</i>	1266.51	53	<i>Frangula capreifolia</i>	20.43
27	<i>Lysiloma acapulcense</i>	1155.12	54	<i>Verbesina sp.</i>	19.63

**Anexo 7.** Comparación de diferencia significativa de grosor de corteza entre las especies.

No.	Especie	Especie	Valor p
1	<i>Ilex liebmannii</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.018806
2	<i>Garrya laurifolia</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.022593
3	<i>Ilex liebmannii</i>	<i>Trema micrantha</i>	0.022593
4	<i>Diphysa carthagenensis</i>	<i>Ilex liebmannii</i>	0.027025
5	<i>Garrya laurifolia</i>	<i>Trema micrantha</i>	0.027025
6	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.027025
7	<i>Diphysa carthagenensis</i>	<i>Garrya laurifolia</i>	0.032189
8	<i>Eriobotrya japónica</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.032189
9	<i>Ilex liebmannii</i>	<i>Leucaena diversifolia</i>	0.032189
10	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	<i>Trema micrantha</i>	0.032189
11	<i>Cedrela tonduzii</i>	<i>Ilex liebmannii</i>	0.038176
12	<i>Diphysa carthagenensis</i>	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	0.038176
13	<i>Eriobotrya japonica</i>	<i>Trema micrantha</i>	0.038176
14	<i>Garrya laurifolia</i>	<i>Leucaena diversifolia</i>	0.038176
15	<i>Chiococca phaenostemon</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.041509
16	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Urera caracasana</i>	0.041509
17	<i>Cedrela tonduzii</i>	<i>Garrya laurifolia</i>	0.045085
18	<i>Diphysa carthagenensis</i>	<i>Eriobotrya japonica</i>	0.045085
19	<i>Ilex liebmannii</i>	<i>Lysiloma acapulcense</i>	0.045085
20	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	<i>Leucaena diversifolia</i>	0.045085
21	<i>Chiococca phaenostemon</i>	<i>Trema micrantha</i>	0.048918
22	<i>Trema micrantha</i>	<i>Urera caracasana</i>	0.048918

**Anexo 8. Plan de Manejo Lomas de Atitlán**  
**SECCIÓN I: DATOS GENERALES**

**I. DATOS DEL SOLICITANTE**

<b>Propietario individual</b>			
Nombre completo: -----			
Número de Documento Personal de Identificación (CUI): -----			
<b>Sexo</b>	<b>Comunidad lingüística</b>	<b>Pueblo de pertenencia</b>	<b>Estado civil</b>
<b>Representante Legal: Si</b>			
Nombre completo: <b>Carlos Roberto Rafael Amador Fluder</b>			
Número de Documento Personal de Identificación (CUI): <b>1698 70103 0101</b>			

**II. DATOS DE LA ENTIDAD**

Tipo de entidad:	<b>Asociación Civil</b>
Nombre o razón social:	<b>Asociación de Vecinos de Lomas de Atitlán</b>
Nombre comercial:	<b>Asociación de Vecinos de Lomas de Atitlán NIT: 25616994</b>

**III. DATOS DE NOTIFICACIÓN**

Dirección de notificación:	<b>29 avenida 5-28 zona 15, colonia San Lazaro</b>		
Municipio:	<b>Guatemala</b>	Departamento:	<b>Guatemala</b>
Teléfono: ----	Celular: <b>52018202</b>	Correo electrónico:	<b>camador@gyssa.com</b>

**IV. DATOS DEL TERRENO**

Nombre de la finca:	<b>Lomas de Atitlán</b>		
Municipio:	<b>San Andrés Semetabaj</b>	Departamento:	<b>Sololá</b>
Aldea/Caserío/Cantón/Paraje:	-----		
Coordenada GTM (X):	<b>431261</b>	Coordenada GTM (Y):	<b>1630510</b>
Tipo de documento de propiedad:	<b>Certificación del registro de la propiedad</b>		

No. de Finca: <b>7522</b>	No. de Folio: <b>15</b>	No. de Libro: <b>38</b>	
Arrendamiento OCRET	Escritura No.: -----	De fecha: -----	
Autorizado por: -----	Vigencia: -----	Fecha aval: -----	
<b>Colindancias</b>			
Norte: <b>Terrenos privados</b>	Sur: <b>Finca Labores</b>	Este: <b>Carretera RN-1</b>	Oeste: <b>Terrenos privados</b>
Área total de la finca (ha): <b>40.37 ha</b>			
¿La finca se encuentra en área protegida? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> , y de ser positiva la respuesta indique el nombre del área protegida <sup>1</sup> y la zona en que se encuentra <b>Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán -RUMCLA- Zona Arqueológica Cultural y Zona de Bosque Protector</b>			

## V. SUPERFICIE A MANEJAR POR TIPO DE PROYECTO

Modalidad	Tipo de proyecto	Área (ha)	Selección
<b>Manejo de Bosques Naturales con fines de Protección</b>	Fuentes de agua	<b>23.1</b>	
	Diversidad biológica	---	
	Germoplasma	---	
	Ecoturismo	---	
	Sitios sagrados	---	

## VI. DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA

### a) Elevación (msnm)

La Reserva Natural Privada Lomas de Atitlán posee un gradiente altitudinal que va desde los 1780 msnm hasta los 1960 msnm.

### b) Topografía

<sup>1</sup>Si el proyecto se ubica dentro área protegida deberá presentar aval técnico de CONAP.

Las partes más bajas se encuentran del lado oeste de la reserva, teniendo un gradiente que aumenta en sentido este, hasta los 1960 msnm. Las áreas con mayor pendiente tienen inclinaciones entre 30 y 40 grados, mientras que la parte central y este tienen pendientes entre 0 y 15 grados. La reserva cuenta con cuatro unidades geomorfológicas: Barranco, Laderas de incisión fluvial, Laderas de incisión fluvial reciente y Superficie de apilamiento de pómez degradada.

#### c) **Características climáticas-Zonas de vida**

**Temperatura:** Según INSIVUMEH y la sistematización de al menos 30 años de datos, se estima una temperatura media anual de entre 15° a 18°, considerándose semi-fría-húmeda a templada-subhúmeda en la mayor parte del tiempo.

**Precipitación:** Se estima en promedio precipitación entre 1,200 a 1,400mm anuales.

**Humedad:** la humedad del suelo de Lomas de Atitlán tomando en cuenta los datos del INSIVUMEH se estima con una máxima de 96% y una mínima de 69%. Sin embargo, tomando en cuenta los datos de la estación de la Asociación Vivamos Mejor ubicada dentro de la Reserva, para el año 2016 la humedad máxima se alcanzó en junio con 77%.

**Evapotranspiración:** para Lomas de Atitlán se estima una evapotranspiración de 54 mm en el mes de enero y de 65 mm en el mes de septiembre.

**Vientos:** La velocidad del viento entre los meses de noviembre a marzo, producto de entrada de los frentes fríos, son de 15 a 20 km/hora con dirección más frecuente de NE y con menor frecuencia SE. En los meses de marzo a noviembre varían de 4.8 a 6.5 km/hora.

#### d) **Hidrografía**

Lomas de Atitlán se ubica dentro de la microcuenca del Río el Tzalá, en la subcuenca del río San Francisco dentro de la cuenca del Lago de Atitlán. De acuerdo con el Estudio Hidrológico y de Recarga en la Cuenca del Lago de Atitlán (2013), en el área ocupada por la Reserva Natural la recarga hídrica varía entre 150 mm y 350 mm en un año hidrológico. El área que produce mayor recarga hídrica es la zona este. Predominan las aguas bicarbonatadas-sulfatadas (Geólogos del Mundo-Vivamos Mejor).

**e) Tipos y subtipos de bosque**

Lomas de Atitlán posee influencia de dos ecosistemas: bosque de pino-encino o bosque mixto, y una pequeña franja de bosque estacionalmente seco. El bosque mixto se encuentra ubicado al noreste de la finca, donde el relieve se caracteriza por ser de baja pendiente a pendiente moderada. El bosque estacionalmente seco lo compone una franja de bosque al oeste de la finca, donde las pendientes son pronunciadas, alcanzando hasta 45 grados de inclinación.

Zonas de vida: bajo el enfoque de zonas de vida, la Reserva Natural Privada Lomas de Atitlán corresponde a un Bosque Húmedo Montano Bajo

## **VII. MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS FORESTALES**

### **Áreas menores a 45 hectáreas**

**a) Líneas de control y rondas cortafuegos:**

La Reserva Natural Lomas de Atitlán se encuentra en una zona en donde la amenaza de incendios forestales puede llegar a ser más frecuente. En las zonas alrededor de Lomas de Atitlán se encuentran zonas agrícolas en donde el uso de quema de basura es recurrente, lo que llega a ser una amenaza principalmente para la zona norte y oeste de la reserva. Otra amenaza es que en la región cercana a la reserva se usa recurrentemente el fuego para favorecer el cambio de uso de suelo. La pendiente en algunas zonas de la reserva llega a ser muy prominente, lo que puede favorecer la velocidad en la que actúa un incendio forestal, por lo que es importante tener en cuenta e identificadas las áreas con mayor pendiente. Por otra parte, es importante realizar una buena planeación de prevención contra incendios,

debido a que los dos bosques principales (Pino-Encino y Estacionalmente-Seco) suelen ser susceptibles ante un incendio forestal por la cantidad de materia orgánica que se pueda acumular.

Se tiene una brecha cortafuego en un 80% de las áreas vulnerables, aproximadamente de 3 metros de anchos y 2.5 km de largo alrededor del perímetro de la Reserva. Por otra parte, en el lado este de la reserva se encuentra la Carretera RN-1 de San Andrés Semetabaj a Panajachel, la cual funciona como una brecha cortafuego. Por el lado sureste de la reserva se encuentra el río Tzalá, el cual funciona como barrera natural como brecha cortafuego para la prevención de incendios forestales.

**b) Vigilancia (puestos de control y recorridos por el área)**

Existe una entrada única con dos guardianes en la garita de entrada con vigilancia las 24 horas. También existe una red de senderos dentro de la reserva que sirven para control y monitoreo del área, no solo contra los incendios forestales, sino para cualquier amenaza dentro de la Reserva. Existe una buena comunicación con el guardarrecursos del CONAP y la estación de bomberos de San Andrés Semetabaj, para cualquier amenaza ante un incendio forestal.

**c) Manejo de combustibles**

Mensualmente se realiza un manejo de combustible por diferentes tipos de prácticas, entre ellas podas de ramas bajas y extracción de ramas quebradas en las diferentes áreas del bosque, poniendo especial énfasis en los puntos donde la amenaza de incendios forestales puede llegar a ser mayor. Para promover con la reducción de material combustible se permite aprovechamiento de la ramilla y todo el material leñoso que este en el suelo, esto con fines de reducir la materia orgánica presente en el suelo del bosque.

**d) Identificación de áreas críticas (topografía, combustibles, periferia del terreno, etc.)**

La zona suroeste de la Reserva Natural Lomas de Atitlán es donde existe una mayor pendiente y es un área pequeña que tiene especies del ecosistema Bosque Estacionalmente Seco, es una de las áreas críticas y es más susceptibles a un incendio forestal, debido a su pendiente, la cual provocaría que ante un incendio la propagación de este sea más rápida, así como un ingreso y control mucho más difícil por parte de las brigadas o bomberos. Se ha estimado que para el bosque pino-encino el alcance de esta amenaza es alto, su severidad y su irreversibilidad medias, con un grado de amenaza total de medio.

#### **e) Respuesta en caso de incendios forestales**

Existe un sistema de hidrantes y mangueras en caso de emergencia en puntos estratégicos dentro de la reserva en donde hay aproximadamente ocho para su uso ante cualquier incendio forestal.

También se cuenta con el apoyo de la brigada de bomberos de San Andrés Semetabaj, con los que se tiene una buena relación y es la primera línea a la hora de una emergencia. El 6 de marzo de 2020 ocurrió uno de los incendios más recientes en los últimos años en la zona y colindancias de la Reserva, la brigada de bomberos de San Andrés Semetabaj tomo acción ante el incendio forestal, teniendo un impacto muy bajo y una buena respuesta de control.

#### **Áreas mayores a 45 hectáreas**

No aplica

### **VIII. MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES**

#### **a) Monitoreo para detección temprana de plagas y enfermedades forestales**

Se realiza un monitoreo y observación para la identificación de posibles plagas de forma trimestral en los principales puntos de la masa boscosa, inicialmente ya se tienen identificados los puntos en donde en otros momentos ya se ha registrado algún tipo de plaga, específicamente estamos hablando específicamente de la plaga de gorgojo de pino (*Dendroctonus* sp), en estas áreas es donde se realizara un mayor esfuerzo de monitoreo, pero de igual manera se realiza el monitoreo en los distintos puntos y ecosistemas.

## b) Control de plagas y enfermedades forestales

Se han realizado saneamientos forestales, por medio de licencias de aprovechamiento familiar (CONAP), así mismo se han realizado acciones de reforestación para mejorar la diversidad utilizando especies nativas y propias de la región. Esto permite reducir y prevenir la presencia de plagas forestales al no tener un bosque homogéneo, lo que previene la distribución de las distintas plagas dentro de la reserva.

## c) Programa sanitario

- **Monitoreos trimestrales (describir actividades)**

Como se mencionó en el inciso a), se realizarán monitoreos a cada 3 meses, tomando como prioridad las zonas del área boscosa en donde ya se ha tenido algún brote de la plaga, en este caso se da prioridad al monitoreo de la plaga del gorgojo del pino (*Dendroctonus spp.*). Este monitoreo se realiza mediante una observación directa a los árboles de pino, tratando de identificar los siguientes aspectos:

- Aparecimiento de aserrín en la base del fuste
- Aparecimiento de grumos de resina a lo largo del fuste principal
- Cambios de color en las acículas de los árboles
- Gestionar permisos necesarios para aprovechar los árboles afectados por la plaga

## IX. DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN POR TIPO DE PROYECTO

### a) Información general

<b>Bosque estratégico:</b>	<b>Bosque mixto</b>
<b>Cobertura (ha):</b>	<b>23.10 hectáreas</b>
<b>Porcentaje que ocupa el bosque en la finca:</b>	<b>57%</b>
<b>Resultado de la evaluación del estado de conservación de los bosques:</b>	<b>79.96</b>

### b) Descripción general del área

El bosque mixto posee una altura que oscila entre los 15 m hasta los 30 m. Se caracteriza por ser semideciduo, con presencia de especies de coníferas mezcladas con especies de hoja ancha. Las especies dominantes de coníferas que se pueden encontrar son *Pinus pseudostrobus* (pino triste) y *Cupressus lusitanica* (ciprés), y las de hoja ancha son *Quercus tristis* (encino), *Alnus jorullensis* (ilamo), *Citharexylum donnell-smithii* (coralillo), *Oreopanax xalapensis* (mano de león) y *Ostrya virginiana* (duraznillo). Estas especies pueden estar mezcladas en diferentes proporciones dependiendo del área.

La zona de bosque estacionalmente seco posee una altura que oscila entre los 5 hasta los 15m. Se caracteriza por ser casi completamente deciduo, con presencia de especies arbóreas y arbustivas con follaje reducido y/o deciduo, especies con espinas o agujones, y especies suculentas, estas últimas restringidas en su mayoría a paredes rocosas. Los árboles con mayor dominancia incluyen *Lonchocarpus minimiflorus* (chaperno), *Leucaena diversifolia* (yaje o suj), *Bursera simaruba* (palo de jote), *Zanthoxylum fagara* (palo de lagarto) y *Cnidocolus tubulosus* (chichicaste de caballo). Existen tres familias representativas de especies suculentas: Cactaceae, Agavaceae y Crassulaceae. Algunos géneros de Cactaceae presentes en este ecosistema incluyen *Mamillaria*, *Nopalea* y *Epihpyllum*. Las especies más representativas de Agavaceae incluyen *Furcraea guatemalensis* y *Agave pachycentra*.

Cabe mencionar que existe una angosta franja de transición entre los dos ecosistemas. En estas áreas se mezclan especies típicas de ambos ecosistemas, como por ejemplo *Quercus tristis*, *Ostrya virginiana*, *Lonchocarpus minimiflorus* y *Bursera simaruba*. Además, debido a la existencia de riachuelos dentro de los bosques, existen especies no arbóreas exclusivas a estos. Ejemplo de estos son: *Canna edulis* (hoja de cox), *Xanthosoma* sp, *Musa* sp y *Colocasia esculenta* (malanga).

**c) Caracterización del bosque a proteger**

Área inventariada (ha): 1.11	Intensidad de muestreo (%): 5%
Número de parcelas: 22	Forma de la parcela: Circular
Área de la parcela (m <sup>2</sup> ): 506.7	Error de muestreo (%):18.9%

**d) Resultados del inventario forestal (latizales, fustales y árboles)**

En el siguiente apartado se muestran los resultados del inventario forestal realizado

Nombre común	Nombre científico	Clases diamétricas/ha																	TOTAL ABm²		
		<5***		5- < 10**		10 - < 20		20 - < 30		30 - < 40		40 - < 50		50 - < 60		60 - < 70		> 70			
		NA	ABm²	NA	ABm²	NA	ABm²	NA	ABm²	NA	ABm²	NA	ABm²	NA	ABm²	NA	ABm²	NA		ABm²	
Aliso	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	0	0	0	0	3	0.048293	1	0.051582	1	0.079407	0	0	0	0	0	0	0	0	0.179282	
Anona	<i>Annona cherimola</i> Mill.	0	0	4	0.019505	2	0.016836	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.036341	
Eupatorium	<i>Eupatorium sp.2</i>	0	0	2	0.007076	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007076	
Senecio	<i>Senecio cobanensis</i> J.M.Coult	0	0	5	0.017011	2	0.026976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.043987	
Palo de Jiote	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	0	0	11	0.04975	18	0.274182	8	0.373989	3	0.244751	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.942672
Cabello de Angel	<i>Calliandra houstoniana</i> var. <i>anomala</i> (Kunth) Barneby	0	0	3	0.005451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005451	
Cedro de montaña	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	0	0	3	0.009959	3	0.051228	3	0.154723	1	0.086677	0	0	0	0	0	0	0	0	0.302587	
Trueno	<i>Chiococca phaenostemon</i> Schltdl.	0	0	9	0.031698	19	0.313714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.345412	
Coralillo	<i>Citharexylum donnell-smithii</i> Greenm.	0	0	46	0.207961	23	0.287317	9	0.432241	4	0.291476	2	0.3045	0	0	0	0	0	0	1.523495	
Zapotillo	<i>Clethra mexicana</i> DC.	0	0	2	0.010843	1	0.007801	1	0.04857	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.067214	
Chichicaste de caballo	<i>Cnidocolus tubulosus</i> (Mull.Arg.) J.M.Johnst.	0	0	14	0.069087	26	0.449979	3	0.126797	0	0	1	0.118942	0	0	0	0	0	0	0.764805	
Croton	<i>Croton verapazensis</i> Donn. Sm.	0	0	0	0	1	0.012895	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.012895	
Cipres	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	0	0	9	0.037789	4	0.033269	1	0.053121	1	0.072908	3	0.436533	0	0	1	0.312903	1	0.349685	1.296208	
Guachipilín	<i>Diphysa</i> <i>carthagenensis</i> Jacq.	0	0	11	0.053718	13	0.217992	5	0.207411	1	0.063681	3	0.372156	0	0	0	0	0	0	0.914958	
Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	0	0	1	0.001988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001988	
Palo de Pito	<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	0	0	1	0.002989	2	0.014579	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.017568	
Eupatroium	<i>Eupatorium sp1.</i>	1	0.001132	7	0.032109	10	0.152064	5	0.174552	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.359857	
Taray	<i>Eysenhardtia</i> <i>adenostylis</i> Baill.	0	0	1	0.002547	7	0.107474	3	0.092143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.202164	
llamo amarillo	<i>Frangula capreifolia</i> (Schltdl.) Grubov	0	0	1	0.00184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00184	
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	0	0	11	0.047149	5	0.086245	1	0.032102	0	0	0	0	0	0	1	0.317626	1	0.573128	1.05625	
Flor de verano	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims	0	0	3	0.010708	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.010708	

Nombre común	Nombre científico	Clases diamétricas/ha																	TOTAL ABm <sup>2</sup>	
		<5***		5- < 10**		10 - < 20		20 - < 30		30 - < 40		40 - < 50		50 - < 60		60 - < 70		> 70		
		NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA		ABm <sup>2</sup>
Cuachichic	<i>Garrya laurifolia</i> Benth.	0	0	2	0.011498	2	0.024482	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03598
Cajeto	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	0	0	2	0.006014	7	0.104858	2	0.085103	1	0.094783	0	0	0	0	0	0	0	0	0.290758
Ilex	<i>Ilex liebmannii</i> Standl.	0	0	2	0.00796	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00796
Taxiscobo	<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K.M. Becker	0	0	10	0.03852	5	0.095819	1	0.040756	1	0.065821	0	0	0	0	0	0	0	0	0.240916
Yaje	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltdl.) Benth.	0	0	5	0.023138	1	0.009686	8	0.410779	4	0.306436	1	0.149721	1	0.214039	0	0	0	0	1.113799
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn.Sm.	0	0	47	0.201426	34	0.547502	4	0.137304	3	0.208124	1	0.124815	0	0	0	0	0	0	1.219171
Tepehuaje	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	0	0	0	0	5	0.054376	1	0.049689	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.104065
Verbesina	<i>Verbesina</i> sp.	0	0	1	0.001769	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001769
Arrayán	<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	0	0	10	0.039761	3	0.034961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.074722
Botoncillo	<i>Morfoespecie 1</i>	0	0	5	0.022033	5	0.047487	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06952
Palo silvestre	<i>Morfoespecie 2</i>	0	0	2	0.004281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004281
Palo blanco	<i>Morfoespecie 3</i>	0	0	4	0.018796	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.018796
Palo colorado	<i>Morfoespecie 4</i>	0	0	14	0.053706	3	0.040986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.094692
Palo liso	<i>Morfoespecie 5</i>	0	0	4	0.017945	4	0.047053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.064998
Eugenia	<i>Eugenia oerstediana</i> O.Berg	0	0	5	0.023592	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.023592
Mano de león	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.)	0	0	19	0.072056	11	0.170015	1	0.032404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.274475
Duraznillo	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K.Koch	0	0	8	0.037258	6	0.08347	4	0.171552	1	0.096866	0	0	0	0	0	0	0	0	0.389146
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	0	0	7	0.029053	1	0.008718	3	0.166816	1	0.067997	0	0	0	0	0	0	1	0.356684	0.629268
Pino	<i>Pinus pmontezumae</i> Lamb.	0	0	0	0	1	0.022925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.022925
Pino triste	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	0	0	6	0.02713	5	0.062167	0	0	0	0	6	1.039362	3	0.617566	6	2.101385	8	4.30247	8.15008
Piper	<i>Piper schiedeanaum</i> Steud.	0	0	2	0.004149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004149
Piper	<i>Piper</i> sp	0	0	2	0.004316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004316
Encino	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	0	0	0	0	1	0.008562	0	0	1	0.10707	0	0	0	0	0	0	0	0	0.115632
Encino	<i>Quercus peduncularis</i> Née	0	0	1	0.005479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005479

Nombre común	Nombre científico	Clases diamétricas/ha																		TOTAL ABm <sup>2</sup>
		<5***		5- < 10**		10 - < 20		20 - < 30		30 - < 40		40 - < 50		50 - < 60		60 - < 70		> 70		
		NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	NA	ABm <sup>2</sup>	
Encino	<i>Quercus tristic Liebm.</i>	0	0	19	0.076067	22	0.372556	14	0.619986	5	0.441178	3	0.380458	2	0.405046	0	0	2	0.877824	3.173115
Jonote	<i>Robinsonella cordata Rose &amp; Baker f.</i>	0	0	1	0.005731	3	0.039557	2	0.070067	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.115355
Café silvestre	<i>Schoepfia vacciniiflora Planch. ex Hemsl.</i>	0	0	9	0.037174	3	0.035875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.073049
Timboque	<i>Tecoma stans (L.) Juss. Ex Kunth</i>	0	0	4	0.012541	7	0.101559	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1141
Capulín	<i>Trema micrantha (L.) Blume</i>	0	0	3	0.009275	3	0.048504	0	0	0	0	2	0.302986	0	0	0	0	0	0	0.360765
Chichicaste	<i>Urera caracasana (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.</i>	0	0	20	0.084575	13	0.175042	3	0.098369	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.357986
Palo verde	<i>Viburnum hartwegii Benth.</i>	0	0	34	0.134404	12	0.172793	5	0.25685	4	0.294411	0	0	0	0	0	0	0	0	0.858458
Cacho de venado	<i>Xylosma quichensis Donn. Sm</i>	0	0	0	0	0	0	1	0.055473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.055473
Palo de lagarto	<i>Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.</i>	0	0	11	0.046089	2	0.027878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.073967
<b>TOTAL</b>		1	0.001132	404	1.674914	298	4.437675	89	3.942379	32	2.521586	22	3.229473	6	1.236651	8	2.731914	13	6.459791	26.235515

\*\* La medición de DAP para Latizales: 5-<10 cm, debe realizarse únicamente para proyectos ubicados en bosque seco, para los demás tipos de ecosistemas solamente se realizará conteo.

Se realizó una agrupación de categorías de los rangos de clases diamétricas para cada especie con su nombre común. Para esto se agruparon la cantidad de individuos por especie en los rangos de 0 a 10cm, 10 a 20cm, 20 a 30cm, 30 a 40cm, 40 a 50cm, 50 a 60cm, 60 a 70cm y mayores a 70cm. Para ello se calculo el área basal de cada especie por clase diamétrica para calcular el total.

Fuente: Elaboración propia

**e) Resumen de la caracterización de la totalidad del bosque a proteger (fustales y árboles)**

No.	Área (ha)	Nombre común	Nombre científico	DAP promedio (cm)	Altura promedio (m)	Árboles por hectárea	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
1	1.11	Aliso	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	21.00	14.4	4.5	0.179282
2		Anona	<i>Annona cherimola</i> Mill.	9.08	7.33	5.41	0.036341
3		Palo de Jiote	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	15.29	8.74	40.54	0.007076
4		Cabello de Angel	<i>Calliandra houstoniana</i> var. <i>anomala</i> (Kunth) Barneby	5.07	5.67	2.7	0.043987
5		Eupatorium	<i>Eupatorium</i> sp.2	7	4.5	1.8	0.005451
6		Senecio	<i>Senecio cobanensis</i> J.M.Coult	8.09	6.88	7.21	0.302587
7		Cedro de montaña	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	18.21	10.2	9.01	0.345412
8		Trueno	<i>Chiococca phaenostemon</i> Schltld.	11.84	7.9	27.93	1.523495
9		Coralillo	<i>Citharexylum donnell-smithii</i> Greenm.	12.6	10.18	82.88	0.067214
10		Zapotillo	<i>Clethra mexicana</i> DC.	13.55	9	3.6	0.764805
11		Chichicaste de caballo	<i>Cnidioscolus tubulosus</i> (Mull.Arg.) I.M.Johnst.	13.46	7.57	44.14	0.012895
12		Croton	<i>Croton verapazensis</i> Donn. Sm.	13.5	10	0.9	1.296208
13		Cipres	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	21.27	15.05	18.92	0.914958
14		Guachipilín	<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	16.27	10.61	32.43	0.001988
15		Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	5.3	4	0.9	0.017568
16		Palo de Pito	<i>Erythrina berteroa</i> Urb.	8.93	5.33	2.7	0.359857
17		Eupatorium	<i>Eupatorium</i> sp1.	13.04	8.08	22.52	0.202164
18		Taray	<i>Eysenhardtia adenostylis</i> Baill.	14.78	8.42	10.81	0.00184
19		llamo amarillo	<i>Frangula capreifolia</i> (Schltld.) Grubov	15.1	6	0.9	1.05625
20		Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	16.63	10.48	18.92	0.010708
21		Flor de verano	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims	6.93	5.33	2.7	0.03598
22		Cuachichic	<i>Garrya laurifolia</i> Benth.	11	6.25	3.6	0.290758
23		Cajeto	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	15.78	8.85	11.71	0.00796
24		Ilex	<i>Ilex liebmannii</i> Standl.	7.5	8.5	1.8	0.240916
25		Taxiscobo	<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K.M. Becker	11.56	6.63	17.12	1.113799
26		Yaje	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.	24.37	12.19	18.92	1.219171
27		Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn.Sm.	11.58	8.69	88.29	0.104065
28		Tepehuaje	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	14.68	10.5	5.41	0.001769

No.	Nombre común	Nombre científico	DAP promedio (cm)	Altura promedio (m)	Árboles por hectárea	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
29	Verbesina	<i>Verbesina sp.</i>	5	3	0.9	0.074722
30	Arrayán	<i>Morella cerifera (L.) Small</i>	8.27	7.43	12.61	0.06952
31	Botoncillo	Morfoespecie 1	9.11	6.91	9.91	0.004281
32	Palo silvestre	Morfoespecie 2	5.5	8.5	1.8	0.018796
33	Palo blanco	Morfoespecie 3	8.05	5	3.6	0.094692
34	Palo colorado	Morfoespecie 4	8.13	5.53	16.22	0.064998
35	Palo liso	Morfoespecie 5	10.26	5.13	7.21	0.942672
36	Eugenia	<i>Eugenia oerstediana O.Berg</i>	7.43	6	5.41	0.023592
37	Mano de león	<i>Oreopanax xalapensis (Kunth) Decne. &amp; Planch.</i>	9.69	8.5	30.63	0.274475
38	Duraznillo	<i>Ostrya virginiana (Mill.) K.Koch</i>	13.9	10.48	18.92	0.389146
39	Aguacate	<i>Persea americana Mill.</i>	18.05	9.86	12.61	0.629268
40	Pino	<i>Pinus pmontezumae Lamb.</i>	18	8	0.9	0.022925
41	Pino triste	<i>Pinus pseudostrobus Lindl.</i>	47.06	23.64	34.23	8.15008
42	Piper	<i>Piper schiedeanum Steud.</i>	5.4	4.5	1.8	0.004149
43		<i>Piper sp</i>	5.5	5	1.8	0.004316
44	Encino	<i>Quercus crassifolia Bonpl.</i>	24.95	16.5	1.8	0.115632
45	Encino	<i>Quercus peduncularis Née</i>	8.8	6	0.9	0.005479
46	Encino	<i>Quercus tristis Liebm.</i>	19.79	10.42	64.86	3.173115
47	Jonote	<i>Robinsonella cordata Rose &amp; Baker f.</i>	15.65	8.33	5.41	0.115355
48	Café silvestre	<i>Schoepfia vacciniiflora Planch. ex Hemsl.</i>	8.48	7	11.71	0.073049
49	Timboque	<i>Tecoma stans (L.) Juss. Ex Kunth</i>	10.93	6.58	10.81	0.1141
50	Capulín	<i>Trema micrantha (L.) Blume</i>	19.63	12.88	7.21	0.360765
51	Chichicaste	<i>Urera caracasana (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.</i>	10.41	7.28	35.14	0.357986
52	Palo verde	<i>Viburnum hartwegii Benth.</i>	11.7	8.05	54.95	0.858458
53	Cacho de venado	<i>Xylosma quichensis Donn. Sm</i>	28	15	0.9	0.055473
54	Palo de lagarto	<i>Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.</i>	8.15	7.25	12.61	0.073967

Se describe el área en hectáreas total muestreada. Para cada especie con su nombre en común, se calculó el DAP promedio (cm), la altura promedio y cuantos árboles de cada especie hat por hectárea, además del área basal en metros cuadrados por hectárea.

Fuente: Elaboración propia

**f) Resumen de los resultados de las subpacelas de muestreo (conteo latizales 5 - < 10 cm DAP)**

No.	Área (ha)	Nombre común	Nombre científico	No. de árboles por hectárea
1	1.11	Anona	<i>Annona cherimola</i> Mill.	5.41
2		Eupatorium	<i>Eupatorium sp.2</i>	1.8
3		Senecio	<i>Senecio cobanensis</i> J.M.Coult	7.21
4		Palo de Jiote	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	40.54
5		Cabello de Angel	<i>Calliandra houstoniana</i> <i>var.anomala</i> (Kunth) Barneby	2.7
6		Cedro de montaña	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	9.01
7		Trueno	<i>Chiococca phaenostemon</i> Schltld.	27.93
8		Coralillo	<i>Citharexylum donnell-smithii</i> Greenm.	82.88
9		Zapotillo	<i>Clethra mexicana</i> DC.	3.6
10		Chichicaste de caballo	<i>Cnidocolus tubulosus</i> (Mull.Arg.)I.M.Johnst.	44.14
11		Cipres	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	18.92
12		Guachipilín	<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	32.43
13		Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	0.9
14		Palo de Pito	<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	2.7
15		Eupatorium	<i>Eupatorium sp1.</i>	22.52
16		Taray	<i>Eysenhardtia adenostylis</i> Baill.	10.81
17		Ilamo amarillo	<i>Frangula capreifolia</i> (Schltld.) Grubov	0.9
18		Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	18.92
19		Flor de verano	<i>Fuchsia arborescens</i> Sims	2.7
20		Cuachichic	<i>Garrya laurifolia</i> Benth.	3.6
21		Cajeto	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	11.71
22		Ilex	<i>Ilex liebmannii</i> Standl.	1.8
23		Taxiscobo	<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K.M. Becker	17.12
24		Yaje	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltld.) Benth.	18.92
25		Chaperno	<i>Lonchocarpus</i> <i>minimiflorus</i> Donn.Sm.	88.29
26		Verbesina	<i>Verbesina sp.</i>	0.9
27		Arrayán	<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	12.61

No.	Nombre común	Nombre científico	No. de árboles por hectárea
28	Botoncillo	Morfoespecie 1	9.91
29	Palo silvestre	Morfoespecie 2	1.8
30	Palo blanco	Morfoespecie 3	3.6
31	Palo colorado	Morfoespecie 4	16.22
32	Palo liso	Morfoespecie 5	7.21
33	Eugenia	<i>Eugenia oerstediana O.Berg</i>	5.41
34	Mano de león	<i>Oreopanax xalapensis (Kunth) Decne. &amp; Planch.)</i>	30.63
35	Duraznillo	<i>Ostrya virginiana (Mill.) K.Koch</i>	18.92
36	Aguacate	<i>Persea americana Mill.</i>	12.61
37	Pino triste	<i>Pinus pseudostrobus Lindl.</i>	34.23
38	Piper	<i>Piper schiedeana Steud.</i>	1.8
39	Piper	<i>Piper sp</i>	1.8
40	Encino	<i>Quercus peduncularis Née</i>	0.9
41	Encino	<i>Quercus tristis Liebm.</i>	64.86
42	Jonote	<i>Robinsonella cordata Rose &amp; Baker f.</i>	5.41
43	Café silvestre	<i>Schoepfia vacciniiflora Planch. ex Hemsl.</i>	11.71
44	Timboque	<i>Tecoma stans (L.) Juss. Ex Kunth</i>	10.81
45	Capulín	<i>Trema micrantha (L.) Blume</i>	7.21
46	Chichicaste	<i>Urera caracasana (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.</i>	35.14
47	Palo verde	<i>Viburnum hartwegii Benth.</i>	54.95
48	Palo de lagarto	<i>Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.</i>	12.61
<b>Total</b>			<b>838.71</b>

Se muestra el área total de muestreo en hectareas. Para cada especie, con su nombre común se calculó el número de árboles por hectárea de las 48 especies.

**g) Tiempo de ejecución:**

ACTIVIDADES POR AÑO	MESES											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>AÑO UNO: 2022</b>												
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes										X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X							X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X			X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X			
Limpieza de linderos y mojones	X	X	X									
<b>AÑO DOS: 2023</b>												
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes										X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X							X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X			X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X			
<b>AÑO 3: 2024</b>												
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes										X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X							X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X			X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X			
Limpieza de linderos y mojones	X	X	X									
<b>AÑO 4: 2025</b>												
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes										X	X	X

Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X								X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X				X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X				
<b>AÑO 5: 2026</b>													
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes											X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X								X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X				X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X				
Limpieza de linderos y mojones	X	X	X										
<b>AÑO 6: 2027</b>													
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes											X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X								X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X				X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X				
<b>AÑO 7: 2028</b>													
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes											X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X								X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X				X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X				
Limpieza de linderos y mojones	X	X	X										
<b>AÑO 8: 2029</b>													
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes											X	X	X

Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X								X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X				X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X				
<b>AÑO 9: 2031</b>													
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes											X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X								X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X				X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X				
Limpieza de linderos y mojones	X	X	X										
<b>AÑO 10: 2032</b>													
Ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes											X	X	X
Mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego	X	X	X								X	X	X
Monitoreos y vigilancia de seguridad, extracción ilegal, incendios, plagas	X			X			X				X		
Reforestación con especies nativas en donde sea necesario					X	X	X	X	X				

Se realizó una planeación por las actividades a realizar por año, comenzando en 2022 hasta 2032. En donde se realizarán las actividades por cada mes de año, adaptándose a las condiciones. Las actividades principales son: la ampliación y mantenimiento de sistema de hidrantes, mantenimiento y ampliación de brechas cortafuego, monitoreos y vigilancia de seguridad, reforestación con especies nativas y limpieza de linderos y mojones.

Fuente: Elaboración propia

## **SECCIÓN II**

### **1. INFORMACION ESPECÍFICA PARA PROYECTOS DE PROTECCIÓN DE BOSQUES PARA FUENTES DE AGUA**

#### **I. JUSTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL RECURSO A PROTEGER**

##### **a) Recurso principal a proteger (especificar y detallar)**

En este proyecto el objetivo principal es la conservación y protección de las fuentes de agua que existen en la Reserva Natural Lomas de Atitlán. Existen 6 nacimientos dentro de la reserva, estos poseen un caudal constante de agua durante todo el año, así mismo de estos nacimientos se forman algunas corrientes de agua o riachuelos, uno de ellos el más conocido, se le denomina el Río Rana, además en uno de los márgenes de la reserva se tiene el paso de Río el Tzalá. Estas fuentes de agua son utilizadas tanto en San Andrés Semetabaj como en Panajachel como recurso hídrico.

##### **b) Ubicación en bosque estratégico**

La Reserva Natural Lomas de Atitlán, se encuentra dentro de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA). La Reserva se encuentra categorizada dentro de la categoría como bosque mixto y latifoliado según la zonificación de bosques de la RUMCLA. Específicamente se encuentra en la zona de bosques protectores de la RUMCLA correspondiente al sector de Panajachel y Patanic, siendo últimos remanentes de bosque en el municipio de San Andrés Semetabaj y cuenta con varios nacimientos de agua para la hidrografía de la cuenca del Lago de Atitlán. Los nacimientos de agua dentro de la reserva son una fuente importante de agua para la población de Panajachel, ya que se encuentran en la parte alta. Existen 6 nacimientos dentro de la Reserva, así como el paso del Río el Tzalá.

##### **c) Justificación de la protección**

La protección de la Reserva Natural Lomas de Atitlán es clave para la protección de nacimientos de agua que son parte de la Cuenca del Lago de Atitlán, así como formar parte de la microcuenca del Río el Tzalá. Es importante realizar esfuerzos de protección dentro de la reserva, por la presencia de ecosistemas como bosque de pino-encino y bosque estacionalmente seco. Hablando específicamente de la biodiversidad es necesario mencionar que hay más de 150 especies de plantas, 88 especies de aves, 12 especies de herpetofauna, 10 especies de mamíferos, y la presencia de 86 familias de invertebrados. Dentro de las especies mencionadas existen algunas de importancia por su estatus de conservación. Una de estas es la presencia del árbol Nogal (*Juglans olanchana*) de la familia Juglandaceae, el cual es una especie en peligro de extinción por la pérdida de hábitat. Por otra parte, se encuentra registrada una rana en peligro crítico de extinción, *Plectrohyla guatemalensis* (Rana del Río), la cual se encuentra en los riachuelos de Lomas de Atitlán.

#### **d) Objetivos de la protección**

##### **Objetivo general:**

Proveer de bienestar a la Asociación de Vecinos de Lomas de Atitlán a través de la provisión de servicios ecosistémicos por medio de una administración, aprovechamiento y uso sostenible y efectivo de la diversidad biológica, los procesos ecológicos y los recursos naturales que se generan directa o indirectamente de la Reserva. Ser un área protegida modelo para la microcuenca del Río el Tzalá y la cuenca del Lago de Atitlán que, a través de la efectiva gestión para la conservación, logra aprovechar sus recursos de manera sostenible.

**Objetivos específicos:**

1. Proveer servicios ecosistémicos culturales de recreación, educación, experimentación, investigación y auto-realización espiritual a los vecinos de Lomas de Atitlán.
2. Proveer de servicios ecosistémicos de abastecimiento, principalmente de agua, madera y leña; y de forma secundaria de semillas, alimentos, fibras y medicina, a los vecinos de Lomas de Atitlán.
3. Proveer de servicios ecosistémicos de regulación del ciclo hidrológico, regulación del clima y microclima, control de erosión y tratamiento de residuos a los vecinos de Lomas de Atitlán y la población de la Microcuenca del Río el Tzalá y la Cuenca del Lago de Atitlán.
4. Proveer de servicios ecosistémicos de soporte de producción primaria, formación de suelo y ciclo de nutrientes a los vecinos de Lomas de Atitlán.

**II. Especificación de las características de los recursos hídricos a proteger**

<b>Tipo</b>					
<b>1. Nacimiento</b>		<b>2. Arroyo/Río</b>		<b>3. Lago/Laguna</b>	
Nombre: Distribuidos en diferentes partes del bosque		Nombre: Río Tzalá/Rana del Río		Nombre: ---	
No. de fuentes: 6		No. de fuentes: 3		No. de fuentes: ---	
		Ancho (m): 1.5		Área (m <sup>2</sup> o ha):	
¿Son permanentes?		Sí: <b>X</b>	No:	¿Existen corrientes asociadas?	
				Sí:	No: <b>X</b>
Cuenca:		<b>Cuenca del Lago de Atitlán</b>		Subcuenca:	<b>Subcuenca Río San Francisco</b>
Pendiente (%):		<b>Varia a lo largo del riachuelo</b>			

<b>Usos de las fuentes de agua</b>		
Uso	Riego	El Recurso hídrico dentro de la Reserva Natural Lomas de Atitlán se utiliza principalmente para el riego de distintas actividades de la finca; como jardinería, cultivos personales, reforestación, entre otros. Por otra parte, se da un consumo humano por parte de los vecinos dentro de la reserva, así como los beneficiarios de otras zonas de los recursos hídricos. Desde agua potable, cocinar, siembras y el consumo personal para casas.
	Consumo humano	
	Otros	

<b>Beneficiarios del recurso hídrico</b>
Los beneficiarios directos del recurso hídrico son los que habitan en la reserva Lomas de Atitlán, así mismo el recurso hídrico es aprovechado río abajo por grupos de agricultores de las zonas aledañas y población de Panajachel, los cuales reciben el mayor caudal de agua proveniente de la Reserva y sus nacimientos.

#### **FIRMAS DEL PLAN DE MANEJO FORESTAL**

<b>Elaborador del Plan de Manejo Forestal:</b>	José Fidel Ruiz Lobos
<b>Número de Registro en el RNF:</b>	1380
<b>Firma:</b>	

A través de la siguiente firma hago constar que conozco el plan de manejo forestal y las actividades que se deben realizar para poder obtener los beneficios de los incentivos PROBOSQUE.

f. \_\_\_\_\_  
**Propietario o Representante legal**

### **SECCIÓN III: ANEXOS QUE DEBE INCLUIR DE ACUERDO A LA MODALIDAD**

#### **I. ANEXOS PARA PROTECCIÓN DE BOSQUES PARA FUENTES DE AGUA**

- A.** Ficha llena de la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas.
- B.** Croquis de acceso a la finca desde el casco urbano
- C.** Mapa del área total de la finca (Ortofoto, Google Earth o Imágenes Landsat)
- D.** Mapa de uso actual de la finca y colindantes
- E.** Mapa del área del proyecto
- F.** Mapa de ubicación de parcelas de muestreo
- G.** Mapa de ubicación en áreas de recarga hídrica (INAB, 2017)
- H.** Mapa de ubicación en cuencas hidrográficas
- I.** Mapa del área a incentivar con la ubicación de las fuentes de agua georreferenciadas, cuando aplique.
- J.** Mapa de localización de obras hidráulicas en el área (tanques de captación, represas u otros), cuando aplique.

NOTA: Todos los mapas deben de cumplir con los siguientes requisitos:

- a. Debe de contener orientación al Norte, escala gráfica y numérica, identificación de vértices, cuadro de coordenadas para polígonos con Datum WGS-84, proyección GTM y leyenda.
- b. Entregar copia físico y digital de las coordenadas del polígono del área del proyecto.
- c. Entregar la base de datos dasométricos de parcelas de muestreo en formato Excel y en forma digital.
- d. Firma del elaborador del Plan de Manejo

