

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología



Caracterización y comparación de la composición florística,
por altitud y orientación de la pendiente,
del Bosque Tropical Estacionalmente Seco en San Antonio
Palopó, Sololá

Trabajo de graduación presentado

por Samuel Carlos Secaira Ziegler

para optar al grado académico de Licenciado en Biología

Guatemala,

2015

Caracterización y comparación de la composición florística,
por altitud y orientación de la pendiente,
del Bosque Tropical Estacionalmente Seco en San Antonio
Palopó, Sololá

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Caracterización y comparación de la composición florística,
por altitud y orientación de la pendiente,
del Bosque Tropical Estacionalmente Seco en San Antonio
Palopó, Sololá

Trabajo de graduación presentado

por Samuel Carlos Secaira Ziegler

para optar al grado académico de Licenciado en Biología

Guatemala,

2015

Vo. Bo. :

(f) 
Licda. Maria Renée Álvarez Ruano

Tribunal Examinador:

(f) 
Licda. María Renée Álvarez Ruano

(f) 
M.Sc. Daniel Ariano Sánchez

(f) 
M.Sc. Claire Dallies de Masaya

Fecha de aprobación: Guatemala, 03 de junio 2015.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mis papás, Eduardo Secaira y Sabina Ziegler, por guiarme y apoyarme incondicionalmente en toda mi vida. Por darme la libertad de conocer mi pasión y dejar que recorra mis propios senderos y aventuras para encontrar la esencia de lo que soy. Gracias por la vida.

Le agradezco a Regina Zaghi por todo el apoyo tecnológico, estadístico y, especialmente, emocional en todo el proceso, sin el cual seguramente me hubiera rendido hace mucho.

A la Asociación Vivamos Mejor por el financiamiento de mi tesis y la facilitación de transporte. A Ivan Girón por el apoyo logístico y a Mateo Queché por su apoyo en los Sistemas de Información Geográficos. A María Renée Alvarez por su asesoría en todo momento, su paciencia y motivación para terminar esta etapa en mi educación. A Daniel Ariano por haberme inspirado, motivado y asesorado con sus clases de conservación y evaluación ecológica.

Le agradezco al Sr. Rafael Cuesta, Rodrigo Beltranena, Mynor Vinicio Menendez y Julio Astorga por permitir tan gustosamente realizar mi estudio en la Finca Chicamán y fincas adjuntas y a la Asociación Amigos del Lago por facilitarme los contactos.

Le agradezco especialmente a mi equipo de campo, Marcelino Secaira, Daniel Secaira, Angélica Barreno, Carlos Barrios, Diego de Castro, Denis Ricca, Johen Meyer y Kyle Weinstein, ya que sin ellos no hubiera logrado completar el estudio. Gracias por mostrar interés en el bosque seco y aprenderse sus especies; Gracias por aguantar espinas, caídas, raspones, y sobre todo, gracias por aguantar al “patrón”.

ÍNDICE

Lista de figuras.....	xii
Lista de cuadros.....	xiv
SINOPSIS.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Antecedentes.....	1
B. Justificación.....	13
C. Objetivos.....	15
D. Hipótesis.....	15
II. METODOLOGÍA.....	17
III. RESULTADOS.....	25
A. Riqueza.....	25
B. Abundancia, frecuencia, dominancia e Índice de Valor de Importancia ecológica.....	31
C. Comparación de la composición florística por piso altitudinal.....	37
D. Comparación de la composición florística por orientación de la pendiente.....	41
IV. DISCUSIÓN.....	47
A. Riqueza.....	47
B. Abundancia, frecuencia, dominancia e Índice de Valor de Importancia ecológica.....	51
C. Comparación de la composición florística por piso altitudinal.....	50
D. Comparación de la composición florística por orientación de la pendiente.....	52
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES.....	57
VII. LITERATURA CITADA.....	59
VIII. ANEXOS.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Bosques tropicales estacionalmente secos del Neotrópico.....	5
2. Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Guatemala.	7
3. Distribución del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la Cuenca del Lago de Atitlán.....	9
4. Panorámica del remanente de BTES de la Finca Chicamán en San Antonio Palopó.....	10
5. Área de estudio para la comparación de la composición florística del Bosque Tropical Estacionalmente Seco.....	17
6. Puntos de muestreo para la comparación de la composición florística en tres diferentes pisos altitudinales y tres orientaciones de la pendiente.....	18
7. Parcela de 30x10m para la comparación de la composición florística por piso altitudinal y orientación de la pendiente.....	20
8. Diagrama de caja y bigote de la abundancia y riqueza de los diferentes pisos altitudinales utilizados para la comparación de la composición florística en el BTES de San Antonio Palopó.....	40
9. Diagrama de caja y bigote de la abundancia y riqueza de los diferentes pisos altitudinales utilizados para la comparación de la composición florística en el BTES de San Antonio Palopó.....	45
10. Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopo para la comparación de la composición florística por pisos altitudinales.....	65

11. Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopo para la comparación de la composición florística por orientación de la pendiente.....66
12. Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopo para la comparación de la composición florística y la inclinación de la pendiente.....67
13. Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopo para la comparación de la composición florística y sus ríos.....68

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro	
1. Puntos de muestreo para la comparación de la composición florística del Bosque Tropical Estacionalmente Seco.....	19
2. Listado de especies observadas en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del lago de Atitlán.....	25
3. Especies identificadas para el BTES de la cuenca del Lago de Atitlán por los diferentes estudios realizados.....	31
4. Abundancia de árboles arbustos y suculentas en las parcelas del parche de BTES de San Antonio Palopó.....	31
5. Abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa e Índice de Valor de Importancia Ecológico (IVI).....	34
6. Índice de Valor de Importancia Ecológica para los diferentes pisos altitudinales.....	37
7. Diversidad de Shannon-Wiener de los árboles, arbustos y suculentas según los pisos altitudinales.....	39
8. Índice de similitud de Jaccard de los árboles, arbustos y suculentas para los diferentes pisos altitudinales.....	40
9. Resumen de contrastes de hipótesis de la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis para la comparación de la composición florística en los diferentes pisos altitudinales.....	41

10. Índice de Valor de Importancia Ecológica para las diferentes orientaciones de la pendiente.	41
11. Diversidad de Shannon-Wiener de los árboles, arbustos y suculentas según las orientaciones de la pendiente.....	44
12. Índice de similitud de Jaccard de los árboles, arbustos y suculentas para los diferentes pisos altitudinales.....	45
13. Resumen de contrastes de hipótesis de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la comparación de la composición florística en las diferentes orientaciones de la pendiente.....	46
14. Número de individuos registrados por especie en cada parcela, piso altitudinal y orientación de la montaña.....	69
15. Especies registradas para el BTES de la cuenca del Lago de Atitlán por los diferentes estudios recopilados.....	70
16. Usos registrados para las especies asociadas al BTES de la cuenca del lago de Atitlán.....	76

SINOPSIS

El Bosque Tropical Estacionalmente Seco (BTES) de la cuenca del lago de Atitlán ha sido identificado como un ecosistema resiliente ante el riesgo del cambio climático y de importancia para la conservación del lago de Atitlán. Los escenarios previstos para Guatemala incluyen largos periodos de sequías seguidos por lluvias torrenciales concentradas en pocos meses. Las especies del BTES poseen adaptaciones a la marcada estacionalidad entre la época seca y lluviosa, que les permite sobrevivir largos períodos de tiempo sin agua. Por su ubicación, el BTES de la cuenca de Atitlán brinda un servicio ecosistémico de vital importancia para la conservación del lago, evitar la erosión. La erosión ha sido identificada como una de las causas principales de la entrada de nutrientes al lago de Atitlán y con esto su paulatina eutrofización. Debido a estas razones y a los escasos estudios realizados en el BTES de la cuenca del lago de Atitlán, resulta de importancia profundizar en el conocimiento de este ecosistema para comprender su rol e importancia en el contexto ambiental del lago y el riesgo climático.

El objetivo de este estudio fue caracterizar el remanente de Bosque Tropical Estacionalmente Seco más extenso de la cuenca del lago de Atitlán, el cual se encuentra en San Antonio Palopó. Se comparó la composición florística en tres pisos altitudinales y tres orientaciones de la pendiente. Se levantaron 27 parcelas de 30x10m correspondientes a nueve réplicas en cada piso altitudinal y nueve réplicas por cada orientación de la pendiente de la montaña. La información se analizó utilizando los paquetes estadísticos SPSS y Microsoft Excel. Se utilizó el Índice de Similitud de Jaccard, Índice de Diversidad de Shannon-Weiner, prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, abundancias relativas, frecuencias relativas, dominancias relativas e índices de valor de importancia ecológicos (IVI) para caracterizar la composición florística.

El estudio demostró que *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis* y *Cnidocolus tubulosus* presentan las mejores condiciones dentro del BTES de San Antonio Palopó para su desarrollo. Se determinó que, aunque no existió diferencia significativa en el número de individuos y número de especies y por pisos altitudinales y orientación de la pendiente, sí existieron diferencias en la abundancia, frecuencia y dominancia de muchas especies. Este estudio con sus resultados prioriza la conservación de parches de BTES a 1700 msnm y enfatiza la restauración ecológica a 1600 msnm y 1800 msnm con especies como *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis*, *Pistacia mexicana*, *Plumeria rubra*, *Leucaena diversifolia* y *Rhus schiedeana*.

ABSTRACT

The Seasonal Tropical Dry Forest (STDF) of Atitlán has been identified as a resilient ecosystem of Climate Change and of importance for the conservation of lake Atitlán. The foreseen scenarios of climate change for Guatemala include long periods of droughts followed by short periods of strong concentrated rain. The species of STDF possess adaptations for strong seasonality between dry and rainy season, these can tolerate long periods without water. Because of its distribution, STDF provide an important ecosystems service for the lake to prevent its degradation, it avoids erosion. Because of these reasons and the few studies conducted in this ecosystem, it is important to deepen the knowledge of this ecosystem to understand its role and importance in the environmental context of the lake and climate change.

The objective of this study was to characterize the Seasonal Tropical Dry Forest of San Antonio Palopó in lake Atitlán. I compared the composition of the vegetation in three different altitudes and three different mountain slopes. Twenty seven plots of 30x10 m were made, 9 replicas for each altitude and slope mountain. For each altitude and mountain slope three replicas were made. The information was analyzed by the statistical program SPSS and Microsoft Excel. I used Jaccard similarity index, diversity Shannon-Wiener Index, non-parametric Kruskal-wallis test, relative abundance, relative frequency, relative dominance and Ecological Index Value to characterize the vegetation.

The present study showed that *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis*, and *Cnidocolus tubulosus* present the best conditions in the STDF for its development. Eventhough there was no significant difference between number of individual and number of species in the different altitudes and slope orientation, there were differences in abundance, frequency and dominance within particular species. This study recommends the conservation of remnants of STDF at 1700 m and emphasized the ecological restoration at 1600m and 1800m with species such as *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis*, *Pistacia mexicana*, *Plumeria rubra*, *Leucaena diversifolia*, and *Rhus schiedeana*.

I. INTRODUCCIÓN

La pérdida de cobertura forestal del Bosque Tropical Estacionalmente Seco (BTES) de la cuenca del lago de Atitlán disminuye la resiliencia ante el cambio climático y aumenta la entrada de nutrientes al lago por aumento de erosión (Jiménez y Barillas 2011; Dix *et al.* 2014). Entre las razones de la pérdida de cobertura forestal del BTES de Atitlán, se encuentra el desarrollo urbano y turístico desordenado a las orillas del lago. A éste, se le debe sumar la introducción de especies exóticas y la pérdida de valorización de este ecosistema por parte de las comunidades (Dix *et al.* 2003; CONAP 2006).

El BTES posee especies vegetales cuyas adaptaciones fenológicas le confieren características únicas. Por esto, este ecosistema es considerado el más resiliente ante el cambio climático. Su marcada estacionalidad entre época seca y lluviosa, le permite sobrevivir largos periodos de sequía. Su ubicación alrededor del lago de Atitlán evita la erosión del suelo, lo cual disminuye la entrada de nutrientes ayudando a su conservación (Dix *et al.* 2003; IARNA 2011; Dix *et al.* 2014). Debido a estas razones la conservación del BTES de Atitlán resulta una estrategia clave para asegurar el bienestar y la resiliencia del lago de Atitlán y los ecosistemas que lo rodean.

Se Comparó la composición florística en diferentes pisos altitudinales y orientación de la pendiente para comprender la posible respuesta de las diferentes especies del BTES ante el cambio climático. Se espera conocer cuáles son las especies que aportan mayor control de erosión por su abundancia, frecuencia y dominancia en el bosque, y cuales son aquellas especies que tienen potencial de cambiar su distribución ante cambios en parámetros de temperatura y humedad. Se espera que este estudio ayude a enriquecer la información concerniente a uno de los ecosistemas menos estudiados, más degradados y de mayor importancia en el departamento de Sololá ante las presentes y futuras amenazas.

A. Antecedentes

1. Bosques Tropicales Estacionalmente Secos

a. Definición del Bosque Tropical Estacionalmente Seco (BTES). Los trópicos se encuentran en una región al norte y al sur del ecuador, entre el trópico de Cáncer al norte y de Capricornio al sur. Estos se caracterizan por altos niveles de humedad y temperatura y días con relativamente las mismas horas de luz y oscuridad (Barwick 2004). En latitudes medias, tales como las cercanas al trópico de Cáncer y Capricornio, como lo es en Guatemala, el clima se caracteriza por marcadas fluctuaciones en estacionalidad de humedad y temperatura (Kimmins 1987).

El clima es generalmente aceptado como el factor determinante para la vegetación. Éste determina las principales formaciones de plantas alrededor del planeta (Kimmins 1987; Smith y Smith 2007). Entre los factores climáticos más importantes que definen esta relación, están la temperatura y la precipitación (Holdridge 1982). Las variables más importantes que determinan la variación geográfica de temperatura son la latitud, altitud y la cercanía de grandes cuerpos de agua tales como océanos y grandes lagos (Kimmins 1987). El patrón general de la precipitación incluye altos valores de lluvia en el ecuador, disminuyendo a medida que se alcanzan los polos y con dos puntos intermedios bien definidos en latitudes medias (Smith y Smith 2007).

Holdridge (1982) desarrolló un modelo bioclimático para la clasificación de la biota terrestre, en la cual define aproximadamente 120 zonas de vida, cada una caracterizada por parámetros climáticos que coinciden con características particulares de la vegetación (Bullock 1995). Este sistema se basa en la progresión logarítmica de temperatura y de valores de precipitación, la cual da una base teórica sólida para establecer divisiones balanceadas igualmente. Los bosques secos tropicales y subtropicales ocurren en lugares ausentes de heladas donde la biotemperatura anual media es mayor a 17°C , la precipitación promedio anual es de 250 a 2000 mm y la evaporación anual es mayor a la precipitación anual (Murphy y Lugo 1986). Estos comprenden bosques caducifolios y semicaducifolios que se desarrollan en regiones tropicales sujetas a severa estacionalidad climática. Reciben alrededor del 80% de la precipitación durante cuatro meses, a lo largo de las cuales la media de precipitación puede sobrepasar los 200 mm por mes, y durante el resto de los meses, en periodo de sequía, la precipitación alcanza escasamente los 10 mm mensuales (Espinosa *et al.* 2012).

Según Gentry (1995) los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos ocurren en lugares donde la precipitación es menor a 1600 mm por año, con periodos de al menos 5 a 6 meses donde se recibe menos de 100 mm de precipitación. La vegetación en su mayoría es decidua durante la

época seca y este fenómeno incrementa conforme a la disminución de lluvia; aunque en las regiones más secas se observa un incremento en plantas siempreverdes por la dominancia de especies suculentas (Mooney *et al.* 1995). La fisionomía de estos bosques, comparada con las selvas tropicales lluviosas, comprende estaturas y áreas basales bajas con especies espinosas muchas veces prominentes (Murphy y Lugo 1986). Los procesos ecológicos en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco son fuertemente estacionales y la productividad neta es menor debido a que el crecimiento únicamente ocurre durante la época húmeda. La fenología de floración y fructificación son fuertemente estacionales, ocurriendo sincronización de muchas especies durante la transición entre la época seca y lluviosa cuando los árboles aún no presentan hojas (Bullock 1995).

Dentro de las zonas de vida secas y muy secas existen asociaciones vegetales atmosféricas y edáficas. Las asociaciones atmosféricas se caracterizan por estaciones secas de duración mayor que la normal, y concentración de lluvia en un corto periodo de tiempo; vientos excepcionalmente fuertes y persistentes. Las asociaciones edáficas ocurren en suelos muy superficiales o afloramientos rocosos, suelos muy pedregosos o con mucha grava, suelos arenosos excesivamente permeables y suelos excesivamente drenados con pendientes muy pronunciadas (Holdridge 1982).

Las asociaciones vegetales que corresponden a la definición de Bosque Tropical Estacionalmente Seco han recibido muchos nombres con base en su fisionomía, cantidad de lluvia recibida, estacionalidad, longevidad de follaje y diversas combinaciones y sub-combinaciones entre cada una de éstas (Jimenez y Barillas 2011; Murphy y Lugo 1986). Los BTES presentan cambios drásticos en la vegetación a lo largo de gradientes altitudinales. Debido a diferencias en patrones de distribución de humedad, introducción de especies, intervención antropogénica y la topografía (Jimenez y Barillas 2011).

Los BTES se presentan generalmente en suelos fértiles con pH y nutrientes moderados a altos y bajos niveles de aluminio. Estos resultan en suelos muy apropiados para la agricultura, lo cual ha resultado en la destrucción de grandes áreas de bosque. Además de esto, la situación mundial de este ecosistema se ve empeorada por ubicarse en zonas de vida donde existen concentraciones altas de población humana (Pennigton 2006).

b. Composición florística de los BTES. La composición florística de los BTES del neotrópico se ha descrito como heterogénea (Gillespie 2006; Trejo y Dirzo 2002). Aunque la falta

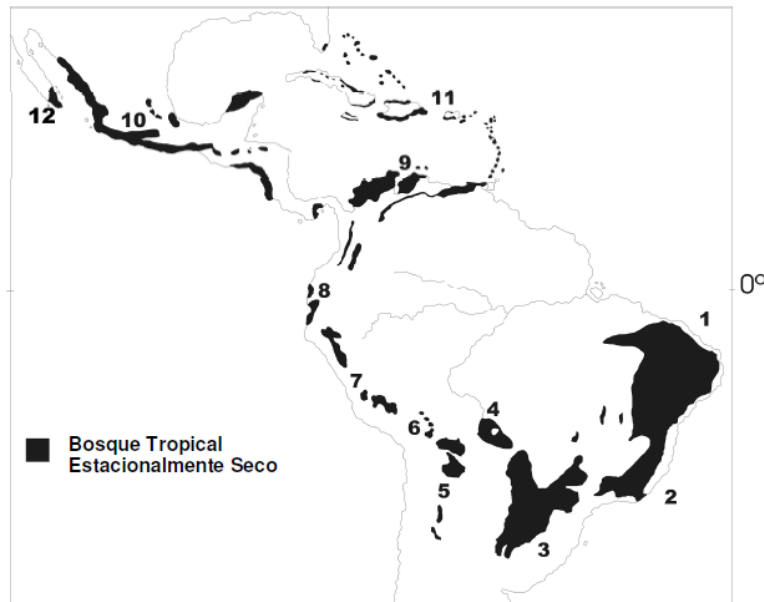
de inventarios florísticos para muchas áreas hace esta premisa algo difícil de asegurar, parece claro que la composición taxonómica de diferentes áreas es variable y las similitudes florísticas entre bosques parece ser baja. A pesar de esto, parecen existir algunos factores en común que deberían ser enfatizados: la familia Fabaceae es rica en especies en este ecosistema, a excepción del Caribe y Florida, donde la familia Myrtaceae parece reemplazarla (Lugo *et al.* 2006); la familia Cactaceae parece ser común y con alta riqueza de especies; Capparidaceae, Zygophyllaceae y Bombacaceae (ahora sub-familia Bombacoidea de la familia Malvaceae) y *Bursera* spp. parecen ser bastante comunes (Wood 2006).

La mayor parte de familias del BTES aparecen bien representadas en bosques tropicales lluviosos. La familia Fabaceae domina la mayoría de BTES con representatividad de numerosos géneros. Luego, la dominancia de especies por familia parece cambiar por área: para México y Brasil, Euphorbiaceae parece ser la segunda familia con mayor diversidad; mientras que en Perú es Cactaceae. La tercera familia con alta diversidad son: Rubiaceae, Sapindaceae y Bignoniaceae (Linares-Palomino 2006). Tres familias son únicas de los BTES: Zygophyllaceae, Canellaceae y Julianaceae; Y tres familias están mejor representadas en BTES que en bosque lluvioso: Capparidaceae, Cactaceae y Erythroxylaceae (Espinosa *et al.* 2012). Los BTES usualmente poseen dosel cerrado con estratos inferiores comprendidos por familias como Bromeliaceae, Compositae, Malvaceae, Araceae, Portulacaceae y Maranthaceae (Wood 2006).

c. BTES del mundo y el Neotrópico. Los BTES comprenden el 42% de todos los bosques tropicales. Estos alcanzan grandes extensiones en el norte de Australia, África, Sureste de Asia, Sur América y muchas islas tropicales (Barwick 2004). Las porciones de bosque seco a nivel mundial se reportan en África y las islas tropicales del mundo, en donde conforman del 70 a 80% de área boscosa; en Sudamérica éstos representan el 22% del área boscosa y 50% en Centroamérica (Murphy y Lugo 1986).

Miles *et al.* (2006) estima que el 54.2% del BTES que aún existe en el mundo se encuentra ubicado en Sudamérica y que el 12.5% en Centroamérica. Sin embargo, esta estimación incluye vegetación de Chaco, la cual posee una composición florística distinta y presenta heladas. A pesar de esto, está claro que el BTES de neotrópico representa una porción significativa de este ecosistema en el mundo. Para el neotrópico se observa que los BTES se encuentran en parches aislados y dispersos a través de todo Centroamérica y Sudamérica (Pennington 2006). La Figura 1 muestra los BTES del neotrópico.

Figura 1: Bosques Tropicales Estacionalmente Secos del Neotrópico.



(Pennington 2006).

Los BTES del neotrópico se pueden dividir en 12 regiones desde Argentina a México: Caatingas, Bosques estacionales del sureste de Brasil, Núcleo de las misiones, Chiquitano, Núcleo de pie de monte, Valles interandinos de Bolivia, Valles interandinos de Perú y Ecuador, Costa caribe de Colombia y Venezuela, México y Centroamérica, Islas del Caribe y Punta de Florida (Jimenez y Barillas 2011; Pennington 2006). Estos núcleos de ecosistemas secos según su vegetación pueden ser divididos en el chaco, bosques secos y sabanas. Según su afinidad florística se reconocen cuatro grupos: Mesoamericano y el Caribe, Pacífico Ecuatorial, Sur de América del Sur y Brasileño (Linares y Palomino 2011).

Este ecosistema aparece de forma discontinua, en áreas de diferentes tamaños y con diferentes niveles de aislamiento en el Neotrópico. El área más grande ocurre en Brasil, en dos áreas definidas como Misiones y el núcleo de Piedmont, y en las costas del Caribe en Colombia y Venezuela. Otras áreas más aisladas y de menor dimensión ocurren en los valles secos de los Andes en el norte de Bolivia (Wood 2006), Perú (Linares-Palomino 2006), y sur de Ecuador (Lewis *et al.* 2006) y Colombia. Para Mesoamérica el BTES ocurre de manera concentrada a lo largo de la Costa Pacífica de Guanacaste en el norte de Costa Rica hasta el trópico de Cáncer en el estado de Sonora, México. Otros remanentes significativos ocurren en Yucatán, México. Con menor

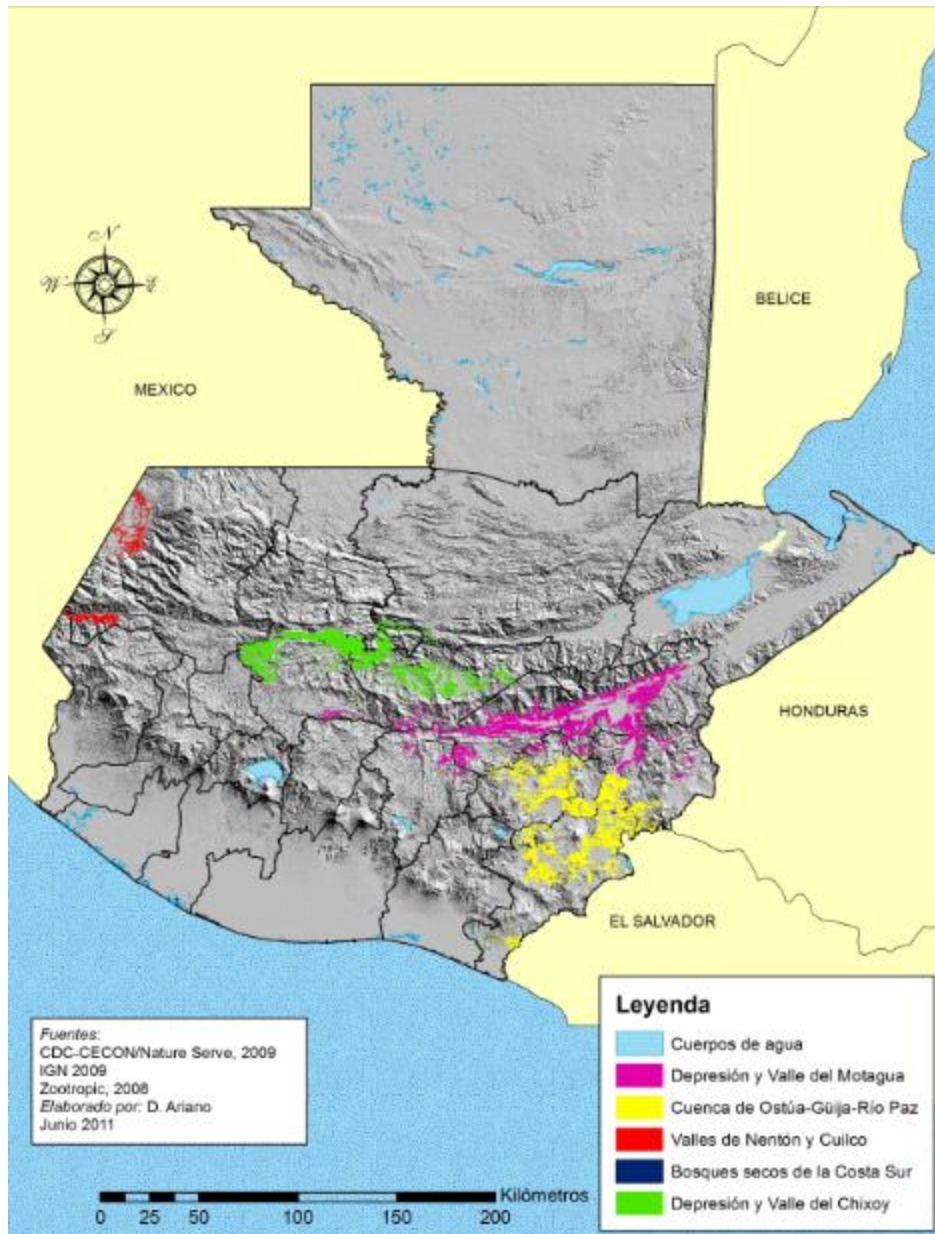
extensión existen parches de BTES ocurriendo en Panamá, Cuba, Hispaniola, Puerto Rico, Jamaica, Partes de Florida y Guatemala (Pennington 2006).

d. BTES de Guatemala. Los bosques tropicales estacionalmente secos del país deben su existencia a estacionalidad en lluvias, altura sobre el nivel del mar, riqueza de suelo y sombras de lluvia que producen las montañas relacionadas (CONAP 2011). En Guatemala, el bosque seco presenta actualmente una extensión de 4,001km², habiéndose perdido un 75% de su cobertura histórica. Entre las unidades geográficas reconocidas como Bosque Tropical Estacionalmente Seco se mencionan: Valles Nentón-Cuilco, Depresión y Valle del Chixoy, Depresión y Valle del Motagua, Cuenca Ostúa-Güija-Río Paz, Costa Sur y la Asociación Xérica del Lago de Atitlán. Las principales presiones para éstos son la fragmentación del hábitat, destrucción o pérdida de hábitat físico y cambio en composición y estructura de la comunidad debido al cambio climático (Janzen 1988; CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC 2011).

Bajo el enfoque de unidades o categorías biogeográficas distintivas, propuestas por Villar (2008), los bosques secos de Guatemala corresponden al bioma Chaparral Espinoso. Este bioma discontinuo está representado por regiones de naturaleza árida, en donde se distinguen dos biotopos: Cactal y Zarzal. Los géneros *Nopalea*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Pilosocereus* son característicos de Cactal, mientras que géneros de Fabaceae, tales como *Acacia* y *Mimosa* son típicos de zarzal (Villar 2008).

Según la clasificación de zonas de vida, existen tres zonas de vida en Guatemala que corresponder al BTES. Éstos son el Monte espinos Subtropical (me-S), Bosque seco Tropical (bs-T) y Bosque seco subtropical (Bs-S). Según sus condiciones climáticas estos poseen fisionomía de matorral y de bosque y presentan precipitación promedio anual entre los 250-1500mm y temperaturas promedio entre los 18-24 grados centígrados (De la Cruz 1976). La Figura 2 muestra el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Guatemala.

Figura 2: Mapa del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Guatemala.



(CDC-CECON/Nature Serve 2009; IGN 2009; Zootropic 2008).

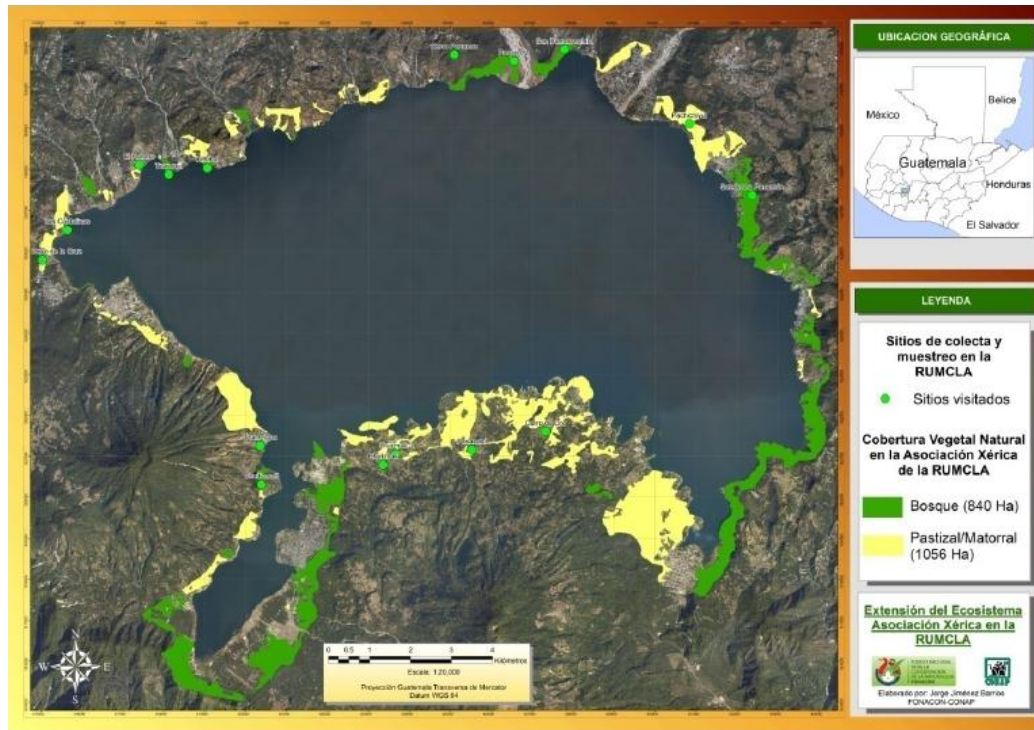
El Monte Espinoso Subtropical se encuentra ubicado a orillas del Río Motagua y Río Grande de Zacapa. A nivel nacional abarca 928Km², lo cual representa el 0.85% del territorio. El Bosque Seco Subtropical está presente en los departamentos de Guatemala, El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa, Jalapa, Baja Verapáz y Quiché. Además se encuentra en una delgada franja de 3 a 5km en la costa del Pacífico. Este abarca 3,964Km², representando el 3.64% del territorio. El

Bosque Seco Tropical rodea la laguna de Guija y cubre una extensión de 216Km², el 0.2% del territorio (De la Cruz 1976; Aguilar *et al.* 2010).

e. Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la Cuenca del Lago de Atitlán. El BTES de Sololá es el de menor extensión del país. Éste es llamado localmente como Asociación Xérica y ocasionalmente como Bosque Seco (Jimenez y Barillas 2011). Está conformado por una estrecha franja árida entre los 1500-1800 msnm alrededor del lago de Atitlán. El clima seco se debe a la inclinación, factores edáficos y sobre todo al efecto de sombra lluvia que provoca la cadena volcánica, el cual actúa como una barrera ante la humedad proveniente del Pacífico formando una zona alrededor del lago con baja precipitación que llega a alcanzar menos de 1,000 mm anuales de lluvia (Dix *et al.* 2003; CONAP 2006; MacVean 2006; CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC 2011; CONAP 2011).

Aunque la extensión potencial del BTES se expande a un área que rodea por completo el lago de Atitlán, se estima que únicamente quedan 630 ha, estando éstas restringidas a parches en diferentes puntos alrededor del lago (Ver Figura 3). Se estima que esto corresponde a un 26% de la cobertura original, la cual era de aproximadamente 2,400 hectáreas (Jimenez y Barillas 2011). Se reportan al menos tres sitios importantes donde todavía se conserva la vegetación original: el área de finca Venecia, La Rejoya, Tz'ampetz'ey, Chicamán, Tz'anumul y Panumul en los municipios de San Lucas Tolimán, San Antonio Palopó y Santa Catarina Palopó, la cual es la más extensa y mejor conservada; la zona Chaletera entre San Lucas y Santiago Atitlán; desde Pachizotz en Santa Cruz La Laguna hasta San Pablo La Laguna (Dix *et al.* 2003; CONAP 2006; CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC 2011; Jimenez y Barillas 2011).

Figura 3: Distribución del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la Cuenca del Lago de Atitlán, tomado de Estudio Florístico del Ecosistema Asociación Xérica, en la Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán.



(Jimenez y Barillas 2011).

Según Jiménez y Barillas (2011) la similitud entre los diferentes parches de BTES alrededor del lago de Atitlán es baja. Esto se debe a la variabilidad existente en la comunidad vegetal en diferentes partes de la cuenca; dificultando la definición y delimitación del BTES. Explican que la baja similitud entre los sitios puede deberse a la heterogeneidad de las condiciones ambientales por la exposición solar y la humedad proveniente del Océano Pacífico, así como por intervención antropogénica diferencial. Entre las especies que se reportan para el parche de BTES en las Fincas de Chicamán y Tzampetey están: *Tecoma stans* (Timboque), *Diphysa floribunda* (Guachipilín), *Eysenhadtia adenostylis* (Taray), *Bursera simaruba* (Jiote), *Heliocarpus donnellsmithii* (Acajete), *Tillandsia usneoides* (Barba de Viejo) *Solanum atitlanum* (Tabaco de Monte) y *Cnidocolus tubulosus* (CONAP 2011). La Figura 3 muestra parte del remanente de bosque de mayor extensión en la cuenca.

Figura 4: Panorámica del remanente de BTES de la Finca Chicamán en San Antonio Palopó.



(Fotografía por S. Secaira 2014).

2. Servicios ecosistémicos del BTES en la cuenca del lago de Atitlán

a. Resiliencia al cambio climático. Existe evidencia que afirma que el norte de Mesoamérica es una de las regiones que enfrentará mayores cambios ante el riesgo climático. Las principales consecuencias para este siglo incluyen aumento de temperatura, alta variabilidad climática y modificación del ciclo hidrológico (Deepak *et al.* 2006). Para Guatemala, según IARNA (2010) las regiones con niveles críticos de cambio a corto y mediano plazo serán los cinturones este-oeste en el centro de Petén, la franja transversal del norte, los valles de las cuencas Motagua-Cuilco y Selegua y los sistemas montañosos. Se estima que más del 50% del territorio habrá cambiado para el 2050, y más del 90% para el 2080, hacia condiciones de mayor aridez (IARNA 2011). Esto se verá reflejado en la ampliación de las condiciones apropiadas para el desarrollo del Bosque Tropical Estacionalmente Seco.

Para el departamento de Sololá, sobre todo para la parte que conforma el altiplano, se espera un cambio paulatino hacia condiciones más secas (IARNA 2010). Esto propiciará la ampliación del potencial de distribución de especies del BTES cuyo factor limitante es la temperatura. Por la topografía del departamento, esto se podría ver reflejado en un cambio en la distribución de las especies xéricas.

b. Control de erosión. Los BTES de la cuenca lago de Atitlán ocurren en afloramientos rocosos, suelos muy pedregosos y suelos excesivamente drenados con pendientes muy pronunciadas (Dix *et al.* 2003; MacVean 2006; Observación propia). Gracias al extenso sistema radicular que esta masa de bosque representa alrededor del lago se logra evitar la erosión del suelo. Aunque los BTES no se extienden alrededor de todo el lago, se encuentra presente en distintas áreas donde las pendientes pueden alcanzar más de 45° (razón por la cual aún se

mantienen). Dicha inclinación contribuiría y aumentaría, en ausencia del bosque, la erosión del suelo hacia el lago de Atitlán. Sin embargo, debido a que el suelo es rocoso en este ecosistema, al compararlo con otras áreas donde hay BTES con suelos, por ejemplo, arenosos, el control de erosión es menor (Guerra 2010).

La contaminación del lago, reflejada en la entrada de nutrientes al lago, se debe a la descarga directa de aguas negras y aguas del lavado de café, uso inadecuado de fertilizantes, uso de jabones y detergente con fósforo y erosión por deforestación. (Dix *et al.* 2014). Esta entrada de nutrientes aumenta los niveles de fósforo y nitrógeno dentro del lago favoreciendo el aumento de productividad y la proliferación de cianobacteria (Dix *et al.* 2014). Dentro de la cuenca del lago de Atitlán, el BTES evita la erosión de más de 600 ha de suelo (CONAP 2006). Lo cual ayuda a disminuir la eutrofización, así como a disminuir la vulnerabilidad de ciertas comunidades alrededor del lago ante posibles derrumbes (Guerra 2010).

3. Estudios relacionados

a. El BTES de la cuenca del lago de Atitlán. El primer estudio que documenta la existencia de BTES en la cuenca del lago de Atitlán es el Dix *et al.* (2003) en el *Diagnóstico Ecológico-Social en la Cuenca de Atitlán*. Éste señala de manera general la existencia de la zona de vida Bosque Seco Subtropical en la cuenca, describe su ubicación geográfica, los factores que determinan su existencia, su importancia y menciona algunas especies de flora y fauna representativas del ecosistema.

A partir de este estudio base, MacVean (2006) en su libro *Plantas Útiles de Sololá*, menciona en su introducción la presencia de Bosque Seco; además de las especies reportadas por Dix *et al.* (2003), ella reporta la existencia de otras especies típicas de este ecosistema no antes mencionadas, como el árbol *Rhus schiedeana*. Además determina la existencia de dos especies del género de Cactus *Mammillaria*: *Mammillaria columbrina* subsp. *Yucatanense* y *Mammillaria karwinskiana*. CONAP (2006) en el *Plan Maestro de la Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán –RUMCLA-* considera la Asociación Xérica como elemento Natural de Conservación, y se especifican las áreas remanentes significativas de este ecosistema.

La Asociación Vivamos Mejor realizó en el 2009 un levantamiento de datos de campo del BTES utilizando parcelas de 0.1 Ha. En éste se contemplaron tres localidades: Finca Chicamán (San

Antonio Palopó), Punta de Burro (San Marcos La Laguna) y Tzantziapá (San Pedro La Laguna). Los datos obtenidos en dicho estudio fueron utilizados para elaborar el “Plan de Monitoreo Ecológico del Sistema de Parques Regionales Municipales de Sololá y la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán”.

El estudio más reciente y que aborda con mayor profundidad el BTES de la cuenca del lago de Atitlán es el de J. Jiménez y M. Barillas 2011. En su estudio: *Estudio Florístico del Ecosistema Asociación Xérica, en La Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán*, definen un listado de especies presentes de flora, analizan y comparan la composición florística, proponen indicadores ecológicos para su monitoreo y generan un mapa de la ubicación del ecosistema en la cuenca. Para este se levantaron 16 parcelas de 40x10m en distintos áreas alrededor del lago, convirtiéndolo en el mayor esfuerzo de muestreo jamás realizado para este ecosistema. Entre los productos más valiosos de este estudio se encuentra el primer mapa del BTES de Atitlán, el cual no sólo se basa en la interpretación de los sistemas de información geográficos, sino en observaciones de campo (Ver Figura 3). Ese mismo año se define la Asociación Xérica de Atitlán como una de las unidades de conservación de las regiones secas de Guatemala (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC 2011).

b. La composición florística por pisos altitudinales y orientación de la pendiente. Existen diversos estudios concernientes al cambio de la composición florística en diferentes pisos altitudinales y diferentes orientaciones de la pendiente. Para el departamento de Sololá, Pedro Pardo (2007), realizó un estudio en el volcán San Pedro, en el cual analizó la distribución de las especies de vegetación latifoliada en términos de su composición, estructura y abundancia, en su posible relación con los cambios de exposición y altitud. Estratificó su estudio en tres pisos altitudinales y cuatro orientaciones de la pendiente. A través de 36 unidades experimentales y utilizando como herramientas de análisis la clasificación de Twinspan y de ordenación con DCA, logró determinar la existencia de dos ensambles o asociaciones vegetales en el volcán San Pedro (Pardo 2007).

También se han realizado estudios que abordan la distribución de ciertos grupos taxonómicos en el país en función de la altitud. Dix y Dix (2006), determinaron la relación existente entre la diversidad de orquídeas (Orchidaceae) y Bromelias (Bromeliaceae) y la altitud. Para el grupo de las orquídeas lograron determinar que la distribución altitudinal se ajusta a una curva polinomial. Sus resultados lograron indicar que en gran parte la riqueza de especies de orquídeas de Guatemala

está determinada por la altitud. Para el grupo de bromelias observaron que los datos se ajustaban a una función cúbica, sin embargo, existieron varios picos de riqueza. Lograron determinar que la riqueza más alta de orquídeas se encuentra entre los 800 y 1,600 msnm, mientras que la riqueza más alta de bromelias se encuentra entre los 600 y 1,100 msnm (Dix y Dix 2006).

Un estudio que aborda la transición del Bosque Seco a Bosque Húmedo en función de la altitud y otros factores tal como la humedad, se realizó en el este de Bolivia por Killeen y colaboradores (2006). Utilizando 118 parcelas fijas y herramientas de análisis de correspondencia canónica (CCA), determinaron que el bosque seco de Chiquitano se caracteriza por un gradiente florístico de norte a sur, el cual se integra con la flora amazónica al norte y con la flora del Gran Chaco al sur. La flora de este bosque se determinó como una variante del Bosque Tropical Estacionalmente Seco, la cual ocurre en otros lugares del neotrópico (Killeen *et al.* 2006).

A nivel mundial se han realizado estudios que evalúan la relación entre la orientación de la pendiente de montañas y la radiación solar, y la relación entre la distribución de la biomasa, especies y formaciones vegetales. Aunque este tipo de estudios son escasos, se ha demostrado que la distribución de las formaciones vegetales naturales se ven afectadas por la exposición topográfica, principalmente entre las caras norte y sur de las montañas. Se ha determinado que esta variación se debe al grado de insolación entre cada lado de la montaña y para el caso de montañas elevadas, también influye la altitud y latitud (González-Hidalgo y López 1989; Gonzalez-Hidalgo y López 1996; Stenberg y Shoshany 2001; Cajas 2008).

B. Justificación

El Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la Cuenca del Lago de Atitlán es resiliente al cambio climático, contribuye a disminuir la vulnerabilidad de ciertas comunidades ante derrumbes y disminuye la erosión de sedimento hacia el lago de Atitlán, la cual es una de las principales causas de la eutrofización.

El BTES posee especies vegetales cuyas adaptaciones fenológicas le confieren características para sobrevivir largos periodos de sequías. Por esta razón, este ecosistema es considerado el más resiliente ante el cambio climático. Las adaptaciones a la marcada estacionalidad climática entre época seca y lluviosa, les permite a las especies sobrevivir largos periodos sin agua. Según los distintos escenarios ante el cambio climático, previstos por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), para el 2050 más del 50% y para

el 2080 más del 90% del territorio nacional habrá cambiado hacia condiciones de mayor aridez. Guatemala sufrirá un aumento en temperatura promedio y una disminución en precipitación promedio, convirtiendo el país en un lugar seco. Según estos escenarios, muchos de los bosques se degradarán e inclusive se perderán por completo; ejemplo de esto lo son los bosques latifoliados nubosos. Por el contrario, los bosques denominados como Secos tendrán el potencial de ampliar su distribución. Por esta razón, la conservación de los BTES de Guatemala resulta una estrategia importante para asegurarlos productos y servicios ecosistémicos básicos del futuro.

El BTES remanente de la Cuenca de Atitlán se encuentra ubicado alrededor del lago, sobre todo en la parte este, en áreas con pendiente pronunciadas. Gracias al sistema radicular de estos bosques se evita la erosión del suelo hacia el lago. Con esto se evita la entrada de nutrientes como nitrógeno y fósforo al lago, la cual es la responsable del aumento de cianobacterias. Los BTES de la cuenca del lago de Atitlán evitan la erosión de más de 600ha de suelo.

Ante estas amenazas, los BTES de Atitlán representan una oportunidad para asegurar el bienestar de la población humana ante los difíciles tiempos que se aproximan. Este no sólo ayuda a la protección de uno de los cuerpos de agua más grandes de Mesoamérica, sino asegurará que productos y servicios ecosistémicos básicos se mantengan ante una transición climática hacia condiciones de aridez. Entre las razones de la pérdida de cobertura forestal de la asociación xérica de Atitlán, se encuentra el desarrollo urbano y turístico desordenado a las orillas del lago. A éste, se le debe sumar la introducción de especies exóticas y la pérdida de valorización de este ecosistema por parte de la población. Debido a estas razones, la conservación del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Sololá es una estrategia clave para asegurar el bienestar humano del presente y sobre todo, del futuro. Comprender la ecología del BTES resulta importante para la toma de decisiones rápidas y eficientes para su conservación y restauración ante un mundo rápidamente cambiante. Comprender la distribución de las especies en función de la altitud y la orientación de la pendiente nos ayudará a comprender mejor como el cambio climático podría afectar nuestros ecosistemas.

El Plan de Conservación de las Regiones Secas de Guatemala define el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del lago de Atitlán como una unidad de planificación. Éste define su viabilidad de conservación como regular y su estado de amenaza como muy alto. Entre las oportunidades de este se mencionan la existencia de grupos organizados de acción local de incidencia ambiental como la Asociación Vivamos Mejor. El presente estudio es congruente con las

las acciones estratégicas propuestas por el Plan de Conservación de la Regiones Secas de Guatemala. Este responde a la estrategia 17, la cual promueve la investigación científica con el fin de conocer la biodiversidad, posibles efectos de cambio climático y medidas para su mitigación (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC. 2011).

C. Objetivos

1. General

Caracterización de la composición de árboles, arbustos, cactus y agaves en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de San Antonio Palopó, Sololá.

2. Específicos

- Elaboración de un listado de la flora presente en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del lago de Atitlán.
- Comparación de la composición de árboles y arbustos en tres diferentes pisos altitudinales en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de San Antonio Palopó.
- Comparación la composición de árboles y arbustos en tres diferentes orientaciones de la pendiente en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de San Antonio Palopó.

D. Hipótesis

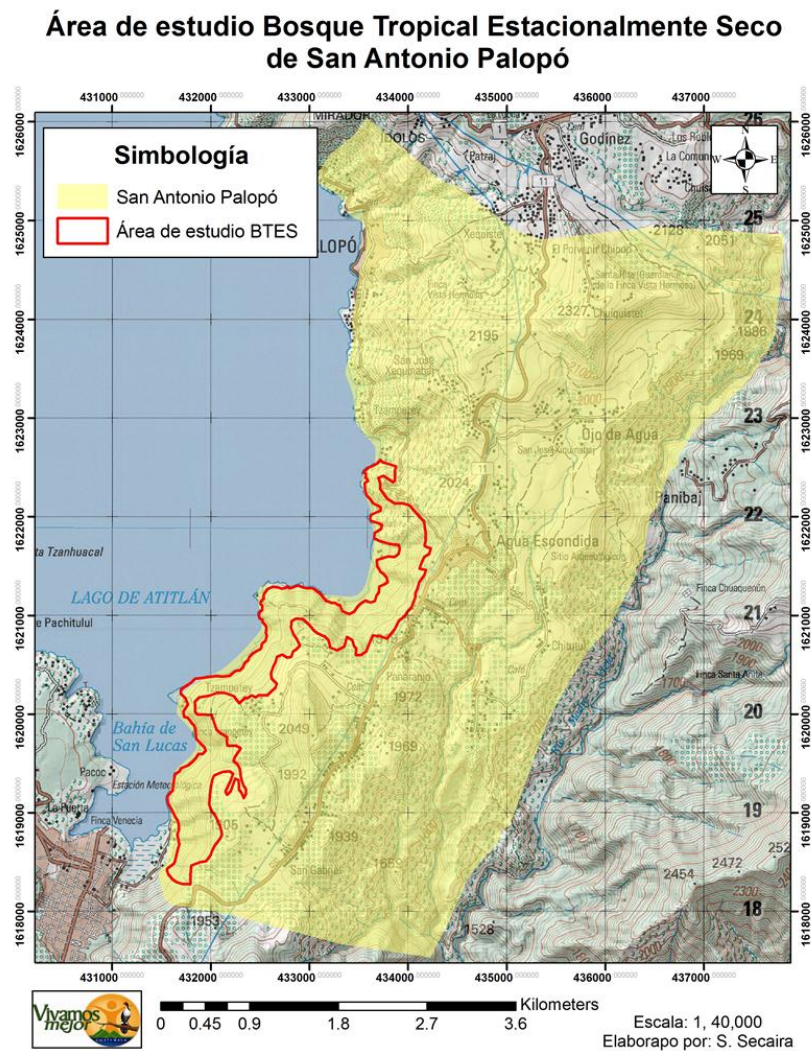
Existe diferencia significativa en la composición de árboles, arbustos, cactus y agaves en diferentes pisos altitudinales y /o orientación de la pendiente en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de San Antonio Palopó.

II. METODOLOGÍA

A. Área de estudio:

La caracterización y comparación de la composición florística del Bosque Tropical Estacionalmente Seco se realizó en el remanente de bosque continuo más extenso de la cuenca del Lago de Atitlán, ubicado en el municipio de San Antonio Palopó, Sololá, sobre todo en las Fincas Chicamán y Tzampetey. La Figura 5 muestra el municipio de San Antonio Palopó y el área de estudio.

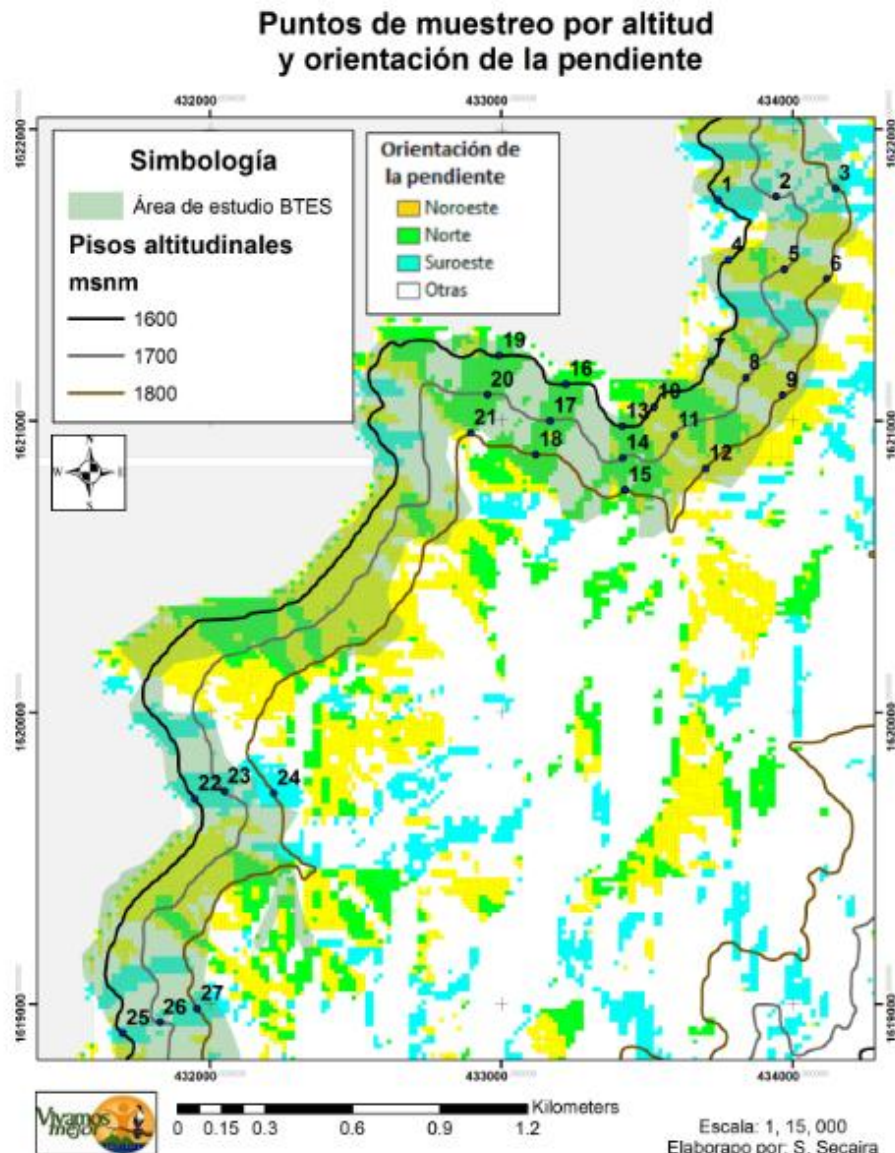
Figura 5: Área de estudio para la comparación de la composición florística del Bosque Tropical Estacionalmente Seco.



A. Diseño de muestreo

1. **Parcelas.** Se levantaron 27 parcelas con dimensión de 30x10m en el parche de Bosque Tropical Estacionalmente Seco de San Antonio Palopó (Ver Figura 6 y anexo 1). Se comparó la composición de árboles, arbustos, agaves y cactus en tres pisos altitudinales y tres orientaciones de la pendiente de la montaña. Éstas correspondieron a nueve réplicas por cada piso altitudinal y nueve réplicas por cada orientación de la pendiente. Por cada diferente piso altitudinal y orientación de la pendiente se contó con tres réplicas.

Figura 6: Puntos de muestreo para la comparación de la composición florística en tres diferentes pisos altitudinales y tres orientaciones de la pendiente.



Para la comparación de árboles, arbustos, agaves y cactus se consideraron como variables independientes tres pisos altitudinales a 1600msnm, 1700msnm y 1800msnm, y tres orientaciones de la pendiente, norte, suroeste y noreste. Para la selección de los puntos también se contempló la accesibilidad al área (inclinación de la pendiente) y los ríos. Por motivos de seguridad no se trabajó en áreas con pendientes mayores a 45 grados (ver Figura 12 en anexos). La delimitación del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de San Antonio Palopó se basó en observaciones de campo realizadas en junio del 2013 y análisis en los sistemas de información geográficos de las capas cartográficas, ortofotos y uso del suelo. El Cuadro 1 muestra los puntos de muestreo, sus coordenadas y las respectivas variables independientes a las que corresponden.

Cuadro 1: Puntos de muestreo para la comparación de la composición florística del Bosque Tropical Estacionalmente Seco.

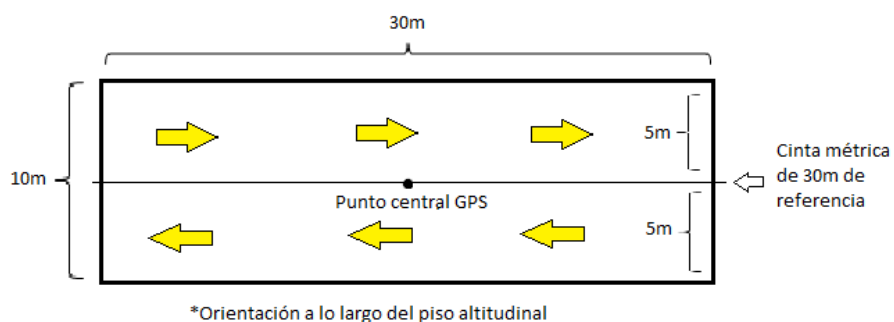
No.	Coordenadas GTM		Piso altitudinal (msnm)	Orientación pendiente
	X	Y		
1	433743.057	1621756.51	1600	Suroeste
2	433941.9	1621767.87	1700	Suroeste
3	434146.423	1621796.28	1800	Suroeste
4	433777.496	1621550.46	1600	Noroeste
5	433971.372	1621519.02	1700	Noroeste
6	434116.511	1621485.58	1800	Noroeste
7	433718.11	1621202.88	1600	Noroeste
8	433838.628	1621146.99	1700	Noroeste
9	433964.386	1621087.6	1800	Noroeste
10	433524.234	1621047.43	1600	Noroeste
11	433594.099	1620949.62	1700	Noroeste
12	433700.644	1620836.09	1800	Noroeste
13	433415.11	1620980.33	1600	Norte
14	433416.301	1620871.91	1700	Norte
15	433423.45	1620762.29	1800	Norte
16	433220.086	1621125.29	1600	Norte

Continuación cuadro 1.

No.	Coordenadas GTM		Piso altitudinal (msnm)	Orientación pendiente
	X	Y		
17	433167.101	1620999.45	1700	Norte
18	433117.429	1620883.55	1800	Norte
19	432991.888	1621223.16	1600	Norte
20	432951.892	1621088.63	1700	Norte
21	432893.717	1620957.73	1800	Norte
22	432049.199	1619728.80	1600	Suroeste
23	431948.403	1619702.79	1700	Suroeste
24	432218.277	1619722.30	1800	Suroeste
25	431701.118	1618899.77	1600	Suroeste
26	431828.377	1618936.13	1700	Suroeste
27	431955.636	1618983.4	1800	Suroeste

Para la localización de las parcelas se utilizó un GPS. El punto geo referenciado representó el punto central de la parcela. La orientación de las parcelas siempre fue la misma, estando la parte larga (30m) a lo largo del piso altitudinal, paralelas al lago. Para la delimitación de la parcela se utilizó una cinta métrica de 30m. Esta correspondió a la mitad de la parcela, como mostrado en el Diagrama 1. Para la delimitación de los 10m de ancho, se utilizó una cinta métrica de 5 metros. Con esta se delimitó por separado la mitad superior y luego la mitad inferior.

Figura 7: Parcela de 30x10m para la comparación de la composición florística por piso altitudinal y orientación de la pendiente.



Se trabajó primero la mitad superior de la parcela y luego la mitad inferior. Al inicio de cada mitad se midió cinco metros como referencia, y a lo largo de la parcela esto se calculó de manera visual. Cuando hubo incertidumbre a medida que se trabajó se midió de nuevo los cinco metros. El Diagrama 1 muestra las dimensiones de la parcela; con flechas amarillas se muestra el orden con el que se trabajó.

2. **Toma de datos en parcelas.** En cada parcela se tomó en cuenta, como propuesto por Pennigton (2006) para estudios en este tipo de ecosistema, todas las plantas leñosas de al menos 3cm de diámetro al ras del suelo. Debido a que muchos de estos individuos correspondieron a arbustos con más de un fuste, se midió únicamente el de mayor grosor. Además se tomó en cuenta plantas suculentas de las familias Cactaceae y Agavaceae, las cuales son elementos importantes característicos de la flora de este ecosistema. Para estas dos familias únicamente se anotó su abundancia.

Utilizando una cinta diamétrica y calculando visualmente, se tomó en cuenta el diámetro, altura y posición relativa de todos los individuos presentes en la parcela. Se anotó el nombre científico de cada individuo, nombre común o en el caso de que no se supiera, se asignó una morfoespecie y se colectó una muestra para su posterior reconocimiento en campo. De haber material en floración y/o fructificación disponible, se identificó la muestra. Como información adicional se fotografió la parcela con una cámara digital. Toda la información se anotó en una libreta de pasta dura para su tabulación posterior en una matriz utilizando Microsoft Excel.

3. **Recorridos *ad libitum*.** Para realizar un inventario de la flora del parche de BTES a trabajar se realizaron recorridos *ad libitum* durante las visitas de campo. Estos consistieron en caminatas y viajes en kayak por el área de estudio. Para las caminatas no se recorrió áreas con pendientes mayores a 45 grados. En estas se colectaron muestras de todas las plantas que estuvieran en floración y/o fructificación. Se enfatizó en la colecta de muestras de árboles y arbustos. Se utilizó tijeras podadoras y una guacamaya podadora para facilitar el alcance de las ramas de los árboles que estuvieran a una altura mayor a 2m. Para llevar un orden de las muestras colectadas, se utilizó un marcador indeleble marca Sharpie para escribir en el envés de la hoja un número de registro.

4. Trabajo de herbario. Todas las muestras colectadas, tanto de los recorridos *ad libitum* como de las parcelas, se herborizaron utilizando prensas de herborización. A cada una se les escribió la fecha de colecta, el colector, la altitud, la localidad y una referencia: nombre común, nombre científico o un número de colecta. Las muestras fueron secadas y montadas utilizando las instalaciones de la Asociación Vivamos Mejor y el herbario Universidad del Valle de Guatemala (UVAL). Las muestras herborizadas fueron depositadas en el herbario UVAL.

Las muestras colectadas se identificaron al nivel taxonómico más específico posible utilizando un estereoscopio Marca Leica y la literatura disponible sobre la dendroflora de Guatemala (Standley 1947; Parker 2008) En su mayoría se utilizó claves dicotómicas y la descripción morfológica de las plantas para su identificación. En algunos casos la distribución por departamento, la altitud y los nombres comunes también fueron tomados en cuenta para discernir entre especies parecidas.

B. Análisis de datos

Para la caracterización y la comparación de la composición de árboles, arbustos, cactus y agaves, por orientación de la pendiente y pisos altitudinales en el remanente de BTES más extenso de la cuenca se utilizó los datos obtenidos en las parcelas de 30x10m. Se utilizó el paquete estadístico SPSS y Microsoft Excel para la manipulación de datos.

1. Índices de diversidad y similitud

a. Índice de diversidad de Shannon-Wiener. Se calculó el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener para determinar si alguno de los sitios de muestreo presenta mayor diversidad de árboles, arbustos, cactus y/o agaves que otro. Este representa la probabilidad de encontrar una determinada especies en un área determinada (Villareal *et al.* 2006). Se calculó según la siguiente fórmula:

$$H^0 = \frac{N(N-1)}{\sum n_i(n_i-1)}$$

En donde N es el número total de individuos en el sitio de muestreo y n_i es el número total de individuos de la especie "A".

b. Índice de similitud de Jaccard. Se calculó el Índice de Similitud de Jaccard, el cual estima el grado de similitud, disimilitud o distancia que existen entre dos diferentes puntos de muestreo. Este relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Villareal *et al.* 2006). Este se calculó entre todos los diferentes sitios de muestreo a través de la siguiente fórmula:

$$Ij = \frac{c}{(a + b - c)}$$

En donde “a” es el número de especies presentes en el punto de muestreo A; “b” es el número de especies presentes en el muestreo B y “c” es el número de especies presentes en ambos puntos de muestreo, a y b.

2. Análisis descriptivo

a. Abundancia relativa. La abundancia relativa se refiere al número de individuos en porcentaje presentes en área determinada. Este es útil para determinar cuáles son las especies con mayor número de individuos de un bosque o área determinada. Este se calculó para cada especie a través de la multiplicación del total de individuos de la especie, por 100, dividido el número total de individuos de todas las especies registradas (Villareal *et al.* 2006).

b. Frecuencia relativa. La frecuencia relativa se refiere a la probabilidad en porcentaje de encontrar individuos de cierta especie en un bosque o área determinada. Este es útil para determinar el patrón de distribución de las especies. Este se calculó para cada especie a través de la multiplicación del total de parcelas donde estuvo presente la especie, por 100, dividido el número total de parcelas levantadas (Villareal *et al.* 2006).

c. Dominancia relativa. La dominancia relativa se refiere a la sumatoria del área basal en porcentaje de todos los individuos de las especies de un determinado bosque o área. Este se calculó a través de la multiplicación de la sumatoria del área basal de la especie, por 100, dividido la sumatoria del área basal de todas las especies (Villareal *et al.* 2006).

d. Índice de Valor de Importancia Ecológico. El Índice de Valor de Importancia Ecológico (IVI) se utiliza para determinar cuáles son las especies o familias de árboles que poseen las condiciones óptimas en un área determinada para desarrollarse. Este se calculó a través de la

suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies o familias. Este valor, se estima sobre 300%, utilizando los datos de las plantas leñosas de las 27 parcelas de 30x10m. Para determinar si existe alguna diferencia en la composición florística por piso altitudinal y orientación de la pendiente, se calculó el IVI por especie para cada piso altitudinal y orientación de la pendiente. Se utilizó tablas dinámicas en Microsoft Excel para su cálculo.

3. Comparación por pisos altitudinales y orientación pendiente. Para comparar si existe una diferencia significativa de la composición florística en función del número de individuos y número de especies en los diferentes pisos altitudinales y diferentes orientaciones de la pendiente, se llevó a cabo la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para esto se utilizó el programa estadístico SPSS.

III. RESULTADOS

A. Riqueza:

El listado de especies de plantas asociadas al Bosque Tropical Estacionalmente Seco de Atitlán propuesto en este estudio es el resultado de los recorridos *ad libitum* realizados en la cuenca del lago de Atitlán en un intervalo altitudinal desde el nivel del lago hasta los 1,850msnm. Estos consistieron en diferentes caminatas, viajes en Kayaks y viajes en carro durante diferentes fechas en la época húmeda y seca del 2014. El mayor número de caminatas, por razones de accesibilidad al área y de presupuesto, se realizaron en el área norte, noreste y este de la cuenca; sobre todo en el parche de bosque utilizado para la comparación de la composición florística por pisos altitudinales y orientación de la pendiente. Por los objetivos del estudio, los árboles fueron las plantas más estudiadas, seguidas por arbustos y plantas suculentas. Estas fueron colectadas, herborizadas, montadas y almacenadas en el herbario UVAL. Otros hábitos de plantas tales como hierbas, enredaderas, epífitas, lianas y parásitas también fueron consideradas para el listado de riqueza, sin embargo, únicamente se registraron y colectaron cuando su reconocimiento fue inmediato en el campo.

En el presente estudio se identificaron 94 especies de plantas asociadas con el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la Cuenca del lago de Atitlán (ver Cuadro 2). Éstas se organizan en 46 familias Y 81 géneros. Se contempla familia, nombre científico, nombre común, hábito y estado de amenaza según UICN/CONAP. Las plantas se clasificaron según los siguientes hábitos: árbol, arbusto, hierba, epífita, enredadera o suculenta. De las 96 especies se obtuvo 58 árboles, 9 arbustos, 4 enredaderas, 6 epífitas, 9 hierbas y 8 suculentas.

Cuadro 2. Listado de especies observadas en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del lago de Atitlán.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	UICN/ CONAP
1	Agavaceae	<i>Agave pachycentra</i> Trel	Maguey	S	
2	Agavaceae	<i>Furcraea guatemalensis</i> Trel	Maguey	S	

Continuación Cuadro 2.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	UICN/ CONAP
3	Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	rusaj, kiy juyu	Hi	
4	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	mango	A	
5	Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i> Kunth	copalillo, jocotillo	A	VU
6	Anacardiaceae	<i>Rhus schiedeana</i> Schltld.	jocotillo	A	
7	Anacardiaceae	<i>Rhus terebinthifolia</i> Schltld. & Cham.	sal de venado	A	
8	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	pimienta del pero	A	
9	Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	jocote	A	
10	Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill.	anona	A	
11	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.	palo de la cruz	A	
12	Apocynaceae	<i>Tonduzia longifolia</i> (A.DC.) Markgr.	chilindrón	A	
13	Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	mano de león	A	
13	Asclepiadaceae	<i>Gonolobus lasiostemma</i> (Hemsl.)		En	
14	Asclepiadaceae	<i>Gonolobus incerianus</i> W.D.Stevens & Montiel		En	
15	Asparagaceae	<i>Agave pachycentra</i> Trel.	maguey de roca	S	
16	Asparagaceae	<i>Furcraea guatemalensis</i> Trel.	maguey verde	S	
	Asparagaceae	<i>Yucca gigantea</i> Lem.	lzote	S	
17	Asteraceae	<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K.M.Becker	taxiscobo	A	
18	Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i> Mill.	aliso	A	
19	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K.Koch	duraznillo	A	
20	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	timboque	A	
21	Boraginaceae	<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	chocó	A	
22	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia heterophylla</i> (Lindl.) Beer	gallo del diablo	Hi	

Continuación Cuadro 2.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	UICN/ CONAP
23	Bromeliaceae	<i>Tillandsia guatemalensis</i> L.B. Sm.	pie de gallo, bromelia	Ep	
24	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.		Ep	
25	Bromeliaceae	<i>Tillandsia rodrigueziana</i> Mez.	gallito	Ep	
26	Bromeliaceae	<i>Tillandsia schiedeana</i> Steud.		Ep	
27	Bromeliaceae	<i>Tillandsia brachycaulos</i> Schtdl.		Ep	
28	Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	barba de viejo, musgo, pataxte	Ep	
29	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	palo de jiote, xaliché	A	
30	Cactaceae	<i>Epiphyllum</i> sp.	pitaya	S	
31	Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	pitaya	S	
32	Cactaceae	<i>Mammillaria columbiana</i> Salm-Dyck		S	
33	Cactaceae	<i>Mammillaria karwinskiana</i> Mart.		S	
34	Cactaceae	<i>Nopalea</i> sp.	tuna	S	
35	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	capulín	A	
	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	sapotillo	A	
36	Clusiaceae	<i>Clusia guatemalensis</i> Hemsl.	manzanita de ratón	A	
37	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.		En	
38	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	ciprés	A	
39	Ericaceae	<i>Vaccinium</i> sp.		A	
40	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan		Ar	
41	Euphorbiaceae	<i>Adelia barbinervis</i> *Cham. & Schtdl.		Ar	
42	Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus tubulosus</i> (Müll.Arg.) I.M.Johnst.	chichicaste de caballo	A	
43	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.		A	

Continuación Cuadro 2.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	UICN/ CONAP
44	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.		A	
45	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia leucocephala</i> Lotsy	páscuas, flor de pascua	A	
46	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	páscua	Hi	
47	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	higuerillo	A	
48	Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.	chalí	A	
49	Fabaceae	<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M.Sousa	guachipilín	A	
50	Fabaceae	<i>Erythrina berteroa</i> Urb.	palo de pito	A	
51	Fabaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook		A	
52	Fabaceae	<i>Eysenhardtia adenostylis</i> Baill.	taray	A	
53	Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	cushín	A	
54	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schltdl.) Benth.	yaje, suj	A	
55	Fabaceae	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm.	chaperno	A	EN
56	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i> Willd.		Ar	
57	Fabaceae	<i>Vigna peduncularis</i> (Kunth) Fawc. & Rendle	frijol de montaña	En	
58	Fabaceae	<i>Zapoteca formosa</i> (Kunth) H.M.Hern.		A	
59	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i> Née	encino	A	3
60	Fagaceae	<i>Quercus tristis</i> Liebm.	encino	A	
61	Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i> Benth.	palo de hueso	A	
62	Juglandaceae	<i>Juglans olanchana</i> Standl. & L.O.Williams		A	EN, 2
63	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	aguacate	A	2

Continuación Cuadro 2.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	UICN/ CONAP
64	Malpigiaceae	<i>Stigmaphyllon pseudopuberum</i> Nied.		En	
65	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	ceibillo	A	
66	Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	cajeto, calague	A	
67	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.		Ar	
68	Malvaceae	<i>Robinsonella</i> <i>cordata</i> Rose & Baker f.		A	
69	Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	cedrillo	A	VU, 2
70	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	guayaba	A	
71	Onagraceae	<i>Hauya elegans</i> (Hemsl.) P.H.Raven & Breedlove	guayabillo	A	3
72	Orchidaceae	<i>Cyrtopodium paniculatum</i> (Ruiz & Pav.) Garay		Hi	
73	Orchidaceae	<i>Govenia superba</i> (Lex.) Lindl.		Hi	
74	Orchidaceae	<i>Ponthieva</i> sp.		Hi	
75	Orchidaceae	<i>Sobralia macrantha</i> Lindl.		Hi	
76	Papaveraceae	<i>Bocconia arborea</i> S.Watson	pataxte	A	
77	Piperaceae	<i>Piper</i> sp.		Ar	
78	Poaceae	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.		Hi	
79	Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	gravilea	A	
80	Punicaceae	<i>Punica granatum</i> L.	granadilla	A	
81	Rhamnaceae	<i>Karwinskia calderonii</i> Standl.	anonillo	A	
82	Rosaceae	<i>Prunus salasii</i> Standl.	carreto	A	
83	Rubiaceae	<i>Chiococca phaenostemon</i> Schltdl.	trueno	A	
84	Rubiaceae	<i>Rondeletia strigosa</i> (Benth.) Hemsl.		Hi	
85	Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave	matazano	A	

Continuación Cuadro 2.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	UICN/ CONAP
86	Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i> (Standl. & Steyererm.) Reynel ex C.Nelson	palo de lagarto	A	
87	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	sauce	A	
88	Sapotaceae	<i>Pouteria mammosa</i> (L.) Cronquist	injerto	A	
89	Sapotaceae	<i>Sideroxylon tepicense</i> (Standl.)	tampisque	A	
90	Solanaceae	<i>Capsicum ciliatum</i> (Kunth) Kuntze		Ar	
91	Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp.		Ar	
92	Solanaceae	<i>Solanum atitlanum</i> K.E. Roe		A	
93	Urticaceae	<i>Phenax</i> sp.		Ar	
94	Verbenaceae	<i>Aegiphila pauciflora</i> * Standl.		A	
95	Verbenaceae	<i>Citharexylum donnell-smithii</i> Greenm.	coralillo	A	
96	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	cinco negritos	Ar	

*= mejor propuesta de nombre científico según la muestra colectada y la literatura disponible

A= árbol, Ar= arbusto, Hi= hierba, En=enredadera, S=suculenta.

Categorías UICN: Vu= Vulnerable; En=En peligro.

Categoría CONAP: 2=especies de distribución restringida a un solo tipo de hábitat; 3=especies que podrían llegar a estar en peligro de extinción si no se regula su aprovechamiento.

Para un total de 63 especies se reportó algún nombre común en español. UICN considera a *Juglans olanchana* especie en peligro de extinción y a *Pistacia mexicana* especie Vulnerable a extinguirse. CONAP considera a *Cedrela tonduzii* y *Juglans olanchana* especies de distribución restringida a un solo tipo de hábitat y a *Quercus peduncularis* y *Hauya elegans* como especies que podrían llegar a estar en peligro de extinción si no se regula su aprovechamiento.

Se realizó una recopilación y sistematización de los diferentes estudios que hacen mención de las especies del BTES dentro la Cuenca del Lago de Atitlán; se incluye las especies reportadas en este estudio (Ver Cuadro 3 y Cuadro 15 en anexos). Se determinó que la riqueza total de especies de plantas asociadas al BTES de la cuenca del lago de Atitlán asciende a 165 especies. Este estudio

reporta 94 especies, 45 de estas son nuevas para el registro de especies del BTES de la cuenca, y en total registra un 57% de todas las especies.

Cuadro 3. Especies identificadas para el BTES de la cuenca del Lago de Atitlán por los diferentes estudios realizados.

No. De especies en otros estudios	No. De especies en este estudio	No. Total de especies	No. De especies nuevas reportadas por este estudio	Porcentaje de especies registradas en este estudio con respecto al total de especies en el BTES de Atitlán
120	94	165	45	57 %

B. Abundancia, frecuencia, dominancia e IVIS

Se levantó 27 parcelas en el parche de BTES más grande de San Antonio Palopó. Estas correspondieron a 9 parcelas en los pisos altitudinal a 1600msnm, 1700msnm y 1800msnm; y 9 parcelas en cada orientación de la pendiente, noroeste, suroeste y norte. Se registraron los árboles, arbustos y suculentas de cada parcela (Ver Cuadro 4). En total se muestrearon 8,100 m², lo cual corresponde a 0.13% del área estimada para el ecosistema en la cuenca del lago de Atitlán.

Cuadro 4. Abundancia de árboles, arbustos y suculentas en las parcelas del parche de BTES de San Antonio Palopó.

Familia	Nombre científico	1600m	1700m	1800m	Norte	Noroeste	Suroeste
Agavaceae	<i>Agave pachycentra</i>	4	0	0	4	0	0
Agavaceae	<i>Furcrea guatemalensis</i>	43	150	97	80	162	48
Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i>	4	25	31	43	8	9
Anacardiaceae	<i>Rhus schiedeana</i>	0	42	15	52	4	1
Anacardiaceae	<i>Rhus terebenthifolia</i>	0	0	2	2	0	0
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	4	2	13	13	3	3
Apocynaceae	<i>Alstonia longifolia</i>	3	0	0	2	0	1
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	17	15	8	13	24	3

Continuación Cuadro 4.

Familia	Nombre científico	1600m	1700m	1800m	Norte	Noroeste	Suroeste
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0	0	3	0	2	1
Asteraceae	<i>Dahlia imperialis</i>	0	0	6	0	0	6
Asteraceae	<i>Lasiatheae fruticosa</i>	1	8	33	13	28	1
Asteraceae	<i>Montanoa</i> sp	0	0	6	0	3	3
Asteraceae	sp Asteraceae 1	10	16	8	6	19	9
Asteraceae	sp Asteraceae 2	45	28	41	52	35	27
Asteraceae	sp Asteraceae 3	10	18	26	7	9	38
Asteraceae	sp base truncada	10	0	0	0	0	10
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	17	16	11	14	4	26
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	23	36	29	37	24	27
Cactaceae	<i>Epiphyllum</i> sp	13	3	21	15	12	10
Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i>	94	109	26	64	60	105
Cactaceae	<i>Mammillaria</i> sp	19	2	0	0	0	21
Cactaceae	<i>Nopalea</i> sp	7	5	0	5	0	7
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	0	1	3	1	0	3
Clusiaceae	<i>Clusia flava</i>	1	3	1	3	2	0
Desconocida	sp Brasilillo	6	5	2	4	6	3
Desconocida	sp Hojas Opuestas	16	17	17	17	18	15
Desconocida	sp inicio	13	8	18	11	13	15
Desconocida	sp paripinada	0	5	2	1	4	0
Desconocida	sp pedúnculo	5	5	1	2	1	6
Desconocida	sp ramita roja	0	0	0	5	0	0
Desconocida	sp tépalos verdes	1	1	2	2	0	2
Ericaceae	<i>Vaccinium</i> sp	0	1	14	7	2	6
Euphorbiaceae	<i>Adelia barbinervis</i>	0	0	3	3	0	0
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	54	56	44	43	50	61
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp	8	6	2	2	10	4
Euphorbiaceae	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	37	11	2	4	26	20
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia leucocephala</i>	65	34	29	72	18	38
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherima</i>	6	23	3	2	13	17

Continuación Cuadro 4.

Familia	Nombre científico	1600m	1700m	1800m	Norte	Noroeste	Suroeste
Fabaceae	<i>Calliandra</i> sp	3	3	11	9	0	8
Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i>	1	5	14	8	5	7
Fabaceae	<i>Erythrina berteroana</i>	0	4	12	2	6	8
Fabaceae	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	24	46	37	50	28	29
Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i>	9	14	10	24	8	1
Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>	0	0	1	0	1	0
Fabaceae	Leguminosae sp 3	1	5	0	0	0	6
Fabaceae	<i>Zapoteca Formosa</i>	7	6	0	3	4	6
Fagaceae	<i>Quercus tristis</i>	0	1	10	6	3	2
Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i>	0	4	14	8	9	1
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	8	0	0	1	10
Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	10	17	30	13	12	32
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	1	4	5	2	5	3
Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i>	3	3	6	0	1	11
Onagraceae	<i>Hauya ruacophila</i>	6	16	5	8	12	7
Papaveraceae	<i>Bocconia arborea</i>	1	0	0	1	0	0
Pinaceae	<i>Pinus</i> sp	0	0	2	0	2	0
Piperaceae	<i>Piper</i> sp	1	0	1	0	1	1
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>	4	0	1	2	0	3
Rhamnaceae	<i>Karwinskia calderonii</i>	9	18	4	7	5	19
Rosaceae	<i>Prunus salasii</i>	2	0	3	0	3	2
Rubiaceae	<i>Chiococca phaenostemon</i>	3	10	23	24	12	0
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	60	0	1	3	54	4
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i>	3	4	4	4	3	4
Salicaceae	<i>Homalium racemosum</i>	67	78	72	176	19	22
Sapotaceae	<i>Sideroxylon tepicense</i>	4	5	3	3	3	6
Solanaceae	<i>Solanum atitlanum</i>	17	0	4	7	0	14
Urticaceae	Chichicaste de montaña	5	4	0	0	2	7
Urticaceae	<i>Urera caracasana</i>	3	0	1	1	1	2

Continuación Cuadro 4.

Familia	Nombre científico	1600m	1700m	1800m	Norte	Noroeste	Suroeste
Verbenaceae	<i>Aegiphila sp</i>	4	1	4	3	1	5
Total de individuos por piso y orientación de la pendiente		787	907	797	965	761	766
Total de individuos registrados		2491					

Se registró un total de 2491 individuos en las 27 parcelas en el parche de BTES de San Antonio Palopó. Estas corresponden a 68 especies. En el piso altitudinal a 1600 msnm se registraron 787 individuos; a 1700 msnm 907 individuos y a 1800 msnm 797 individuos. Por orientación de la montaña, se registraron 965 individuos en la orientación norte, 761 individuos en la noreste y 766 individuos en la sureste.

Se calculó la abundancia relativa, la frecuencia relativa, la dominancia relativa y el índice de valor de importancia ecológica (IVI) para las especies registradas en las 27 parcelas del parche de BTES de San Antonio Palopó. El Cuadro 5 muestra los resultados.

Cuadro 5. Abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa e Índice de Valor de Importancia Ecológico (IVI).

Nombre científico	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI 300%
<i>Bursera simaruba</i>	4.63	4.78	19.32	28.74
<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	5.63	4.35	11.15	21.13
<i>Cnidocolus tubulosus</i>	8.11	5.00	6.43	19.54
<i>Homalium racemosum</i>	11.43	2.17	2.73	16.33
Asteraceae sp 2	6.00	4.35	4.79	15.14
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	3.00	4.13	5.19	12.32
<i>Euphorbia leucocephala</i>	6.74	3.48	1.75	11.97
<i>Pistacia mexicana</i>	3.16	3.26	4.51	10.93
<i>Plumeria rubra</i>	2.11	3.04	4.55	9.70
<i>Leucaena diversifolia</i>	1.74	3.26	2.52	7.52

Continuación Cuadro 5.

Nombre científico	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI 300%
<i>Rhus schiedeana</i>	3.00	1.74	2.74	7.49
Asteraceae sp 3	2.84	2.83	1.44	7.11
"Especie de Hojas Opuestas"	2.63	3.48	0.48	6.59
Asteraceae sp 1	1.79	2.83	1.74	6.36
"Especie del inicio"	2.05	2.83	0.89	5.77
<i>Cedrela tonduzii</i>	0.63	1.09	3.91	5.63
<i>Hauya ruacophila</i>	1.42	2.39	1.70	5.52
<i>Tecoma stans</i>	2.32	2.39	0.76	5.47
<i>Lasiatheae fruticosa</i>	2.21	1.30	1.86	5.38
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	2.63	1.74	0.39	4.76
<i>Chiococca phaenostemon</i>	1.90	1.52	1.18	4.60
<i>Erythrina berteroaana</i>	0.84	1.52	2.21	4.57
<i>Quercus tristris</i>	0.58	1.09	2.78	4.45
<i>Coffea arabica</i>	3.21	0.87	0.33	4.41
<i>Karwinskia calderonii</i>	1.63	1.52	0.92	4.08
<i>Sideroxylon</i> sp	0.63	0.87	2.42	3.92
<i>Euphorbia pulcherima</i>	1.69	1.74	0.40	3.83
<i>Annona squamosa</i>	1.00	1.74	0.86	3.60
<i>Diphysa robinioides</i>	1.05	1.52	0.80	3.37
<i>Croton</i> sp.	0.84	1.74	0.32	2.90
sp Brasilillo	0.68	1.52	0.55	2.76
<i>Zanthoxylum fagara</i>	0.58	1.74	0.39	2.71
<i>Garrya laurifolia</i>	0.95	1.30	0.36	2.61
<i>Aegiphila</i> sp.	0.47	1.52	0.59	2.59
<i>Solanum atitlanum</i>	1.11	0.87	0.52	2.50
<i>Calliandra</i> sp.	0.90	1.30	0.18	2.38
<i>Vaccinium</i> sp.	0.79	1.30	0.25	2.35
Leguminoseae sp 3	0.32	0.65	1.27	2.24
<i>Malvaviscus arboreus</i>	0.53	1.52	0.15	2.20
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0.58	1.09	0.42	2.08
sp pedúnculo	0.47	1.52	0.05	2.05

Continuación Cuadro 5.

Nombre científico	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI 300%
chichicaste de montaña	0.47	0.87	0.55	1.89
<i>Zapoteca Formosa</i>	0.68	1.09	0.08	1.85
<i>Grevillea robusta</i>	0.26	0.65	0.87	1.78
sp base truncada	0.53	0.22	0.78	1.52
<i>Clusia flava</i>	0.26	1.09	0.09	1.44
<i>Trema micrantha</i>	0.21	0.43	0.74	1.39
sp paripinada	0.26	0.87	0.03	1.16
sp tépalos verdes	0.21	0.87	0.03	1.11
<i>Urera caracasana</i>	0.21	0.87	0.02	1.10
<i>Oreopanax xalapensis</i>	0.16	0.43	0.50	1.09
<i>Prunus salasii</i>	0.26	0.65	0.15	1.07
<i>Montanoa</i> sp	0.32	0.43	0.05	0.80
<i>Alstonia longifolia</i>	0.16	0.43	0.07	0.66
<i>Dahlia imperialis</i>	0.32	0.22	0.06	0.60
<i>Piper</i> sp.	0.11	0.43	0.02	0.56
<i>Rhus terebenthifolia</i>	0.11	0.43	0.01	0.55
sp ramita roja	0.26	0.22	0.02	0.50
<i>Adelia barbinervis</i>	0.16	0.22	0.10	0.48
<i>Pinus</i> sp.	0.11	0.22	0.01	0.33
<i>Bocconia arborea</i>	0.05	0.22	0.00	0.27
<i>Mimosa albida</i>	0.05	0.22	0.00	0.27
Total general	100.00	100.00	100.00	300.00

Homalium racemosum fue la especie más abundante (11.43%), seguida por *Cnidocolus tubulosus* (8.11%), *Euphorbia leucocephala* (6.74%), Asteraceae sp 2 (6%), *Eysenhardtia adenostylis* (5.63%) y *Bursera simaruba* (4.63%). La especie más frecuente fue *Cnidocolus tubulosus* (5%), seguido por *Bursera simaruba* (4.78%), *Eysenhardtia adenostylis* (4.35%), Asteraceae sp 2 (4.35%) y *Heliocarpus donnellsmithii* (4.13%). La especie más dominante fue *Bursera simaruba* (19.32%), seguida por *Eysenhardtia adenostylis* (11.15%), *Cnidocolus tubulosus* (6.43%) y *Heliocarpus donnellsmithii* (5.19%). La especie que presentan el Índice de Valor de

Importancia Ecológica (IVI) más alto, sobre 300%, es *Bursera simaruba* (28.74%), seguido por *Eysenhardtia adenostylis* (21.13%) y *Cnidocolus tubulosus* (19.54%).

C. Comparación de la diversidad de árboles, arbustos y suculentas en los diferentes pisos altitudinales.

Para comparar de manera descriptiva las poblaciones de las diferentes especies de los diferentes pisos altitudinales en el parche de BTES de San Antonio Palopó, se calculó el Índice de valor de importancia ecológica (IVI) por cada piso altitudinal. El cuadro 6 muestra los resultados sobre 300%.

Cuadro 6. Índice de Valor de Importancia Ecológica para los diferentes pisos altitudinales.

No	Nombre científico	1600 msnm	1700 msnm	1800 msnm
1	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	22.09	18.23	23.29
2	<i>Bursera simaruba</i>	23.87	42.56	19.41
3	sp Asteraceae 2	17.99	9.91	17.67
4	<i>Cnidocolus tubulosus</i>	21.69	19.93	17.22
5	<i>Homalium racemosum</i>	15.70	16.73	16.56
6	<i>Pistacia mexicana</i>	3.59	11.57	16.45
7	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	11.67	11.28	14.12
8	<i>Lasiatheae fruticosa</i>	1.14	3.15	11.16
9	<i>Quercus tristris</i>	0	1.86	10.53
10	sp Asteraceae 3	4.91	5.93	10.17
11	<i>Erythrina berteroana</i>	0	5.09	7.90
12	<i>Euphorbia leucocephala</i>	18.34	10.42	7.89
13	sp Hojas Opuestas	7.33	4.93	7.50
14	<i>Chiococca phaenostemon</i>	2.18	3.80	7.46
15	<i>Cedrela tonduzii</i>	6.07	3.47	7.41
16	sp inicio	5.38	4.57	7.20
17	<i>Rhus schiedeana</i>	0	14.71	6.94
18	<i>Garrya laurifolia</i>	0	1.37	6.09
19	<i>Vaccinium sp</i>	0	0.86	5.83
20	<i>Leucaena diversifolia</i>	8.14	9.37	5.39
21	<i>Diphysa robinoides</i>	1.17	3.43	5.26

Continuación Cuadro 6.

No	Nombre científico	1600 msnm	1700 msnm	1800 msnm
22	<i>Annona squamosa</i>	3.24	2.52	4.93
23	<i>Tecoma stans</i>	6.92	5.09	4.58
24	sp Asteraceae 1	6.01	8.83	4.37
25	<i>Plumeria rubra</i>	12.48	12.95	4.26
26	<i>Malvaviscus arboreus</i>	1.00	2.13	3.33
27	<i>Calliandra sp</i>	2.09	1.83	3.19
28	<i>Trema micrantha</i>	0	0.84	3.05
29	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0	0	3.02
30	<i>Aegiphila sp</i>	4.19	0.83	2.92
31	<i>Hauya ruacophila</i>	5.72	8.23	2.78
32	<i>Zanthoxylum fagara</i>	3.38	2.12	2.72
33	<i>Montanoa sp</i>	0	0	2.27
34	<i>Sideroxylon sp</i>	6.85	3.48	2.10
35	<i>Prunus salasii</i>	0	1.07	1.99
36	<i>Dahlia imperialis</i>	0	0	1.70
37	<i>Croton sp</i>	4.20	3.07	1.64
38	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	9.21	3.94	1.56
39	sp tépalos verdes	0.88	0.86	1.56
40	sp paripinada	0	1.82	1.55
41	<i>Rhus terebenthifolia</i>	0	0	1.55
42	<i>Solanum atitlanum</i>	6.35	0	1.53
43	<i>Karwinskia calderonii</i>	6.28	4.95	1.41
44	<i>Adelia barbinervis</i>	0	0	1.34
45	<i>Grevillea robusta</i>	4.39	0	1.33
46	<i>Euphorbia pulcherima</i>	2.91	7.44	1.21
47	sp Brasilillo	5.07	2.54	1.00
48	<i>Pinus sp</i>	0	0	0.94
49	<i>Clusia flava</i>	0.88	2.58	0.84
50	<i>Coffea arabica</i>	13.15	0	0.78
51	<i>Piper sp</i>	0.90	0	0.78
52	sp pedúnculo	3.07	2.46	0.77
53	<i>Mimosa albida</i>	0	0	0.77

Continuación Cuadro 6.

No	Nombre científico	1600 msnm	1700 msnm	1800 msnm
54	<i>Alstonia longifolia</i>	2.13	0	0
55	<i>Bocconia arborea</i>	0.88	0	0
56	<i>Ceiba aesculifolia</i>	2.06	4.27	0
57	chichicaste de montaña	3.04	2.84	0
58	sp base truncada	5.10	0	0
59	sp Leguminosae 3	0.96	5.64	0
60	sp ramita roja	0	1.50	0
61	<i>Urera caracasana</i>	2.66	0.77	0
62	<i>Zapoteca formosa</i>	2.70	3.01	0

A 1600 msnm los árboles que presentan mayor Índice de Valor de Importancia Ecológico (IVI) son *Bursera simaruba* (23.87%), *Eysenhardtia adenostylis* (22.09%) y *Cnidoscolus tubulosus* (21.69%). A 1700 msnm los árboles que presentan mayor IVI son *Bursera simaruba* (42.56%), *Cnidoscolus tubulosus* (19.93%) y *Eysenhardtia adenostylis* (18.23%). A 1800msnm los árboles que presentan mayor IVI son *Eysenhardtia adenostylis* (23.29%), *Bursera simaruba* (19.41%) y *Asteraceae* sp1 (17.67%). *Bursera simaruba* es el árbol que presenta las mejores condiciones para su desarrollo a 1600 msnm y 1700 msnm, y es reemplazada por *Eysenhardtia adenostylis* a 1800msnm. *Eysenhardtia adenostylis* se encuentra entre las tres especies que mejores condiciones poseen en el bosque para su desarrollo independiente del piso altitudinal.

Se comparó la diversidad de árboles, arbustos y suculentas en los diferentes pisos altitudinales del área de estudio del BTES de una forma descriptiva a través del cálculo del índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de similitud de Jaccard. Los cuadros 7 y 8 muestran los resultados.

Cuadro 7. Diversidad de Shannon-Wiener de los árboles, arbustos y suculentas según los pisos altitudinales.

Piso altitudinal (msnm)	Índice de Diversidad de Shannon Wiener
1600	19.38
1700	15.08
1800	22.43

El piso altitudinal que presenta mayor diversidad de árboles, arbustos y suculentas es 1800 msnm, seguido por el piso de 1600 msnm. El piso altitudinal de 1700 msnm es el que presenta menor diversidad.

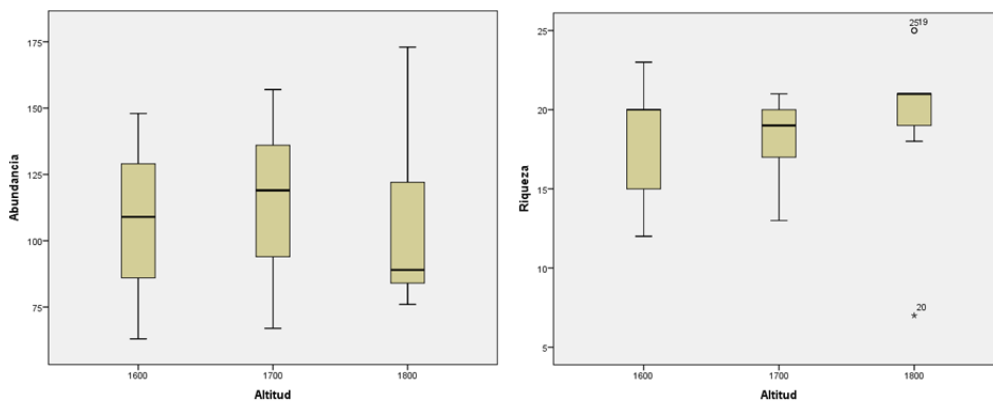
Cuadro 8. Índice de similitud de Jaccard de los árboles, arbustos y suculentas para los diferentes pisos altitudinales.

Pisos altitudinales (msnm)	1800	1700	1600
1600	0.63	0.72	1
1700	0.69	1	
1800	1		

Los pisos altitudinales que presentaron mayor similitud fueron los pisos 1700 msnm y 1600 msnm; Seguido de los pisos 1700 msnm y 1800 msnm. Los pisos altitudinales 1600 msnm y 1800 msnm presentaron la menor similitud de Jaccard.

Para determinar si existía una diferencia significativa en la composición de árboles, arbustos y suculentas en los diferentes pisos altitudinales en el BTES se llevó a cabo una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En la Figura 8 y Cuadro 9, se muestran los resultados.

Figura 8. Diagrama de caja y bigote de la abundancia y riqueza de los diferentes pisos altitudinales utilizados para la comparación de la composición florística en el BTES de San Antonio Palopó.



Con una confianza del 95% aceptamos la hipótesis nula, no existe diferencia significativa en la abundancia y riqueza de especies entre los pisos altitudinales 1600 msnm, 1700 msnm y 1800 msnm.

Cuadro 9. Resumen de contrastes de hipótesis de la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis para la comparación de la composición florística en los diferentes pisos altitudinales.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Abundancia es la misma entre las categorías de Altitud.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.705	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de Riqueza es la misma entre las categorías de Altitud.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.370	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es .05.

Con una significancia del 0.705 conservamos la hipótesis nula respecto a la distribución de la abundancia de individuos respecto a los diferentes pisos altitudinales. No existe diferencia significativa en la abundancia de individuos en los diferentes pisos altitudinales. Con una significancia del 0.370 conservamos la hipótesis nula respecto a la distribución de la riqueza de especies respecto a los diferentes pisos altitudinales. No existe diferencia significativa en la riqueza de especies en los diferentes pisos altitudinales.

D. Comparación de la diversidad de árboles, arbustos y suculentas según orientación de la pendiente

Para comparar de manera descriptiva las poblaciones de las diferentes especies en las diferentes orientaciones de la pendiente en el parche de BTES de San Antonio Palopó, se calculó el Índice de valor de importancia ecológica (IVI) por orientación de la pendiente. El cuadro 10 muestra los resultados.

Cuadro 10. Índice de Valor de Importancia Ecológica para las diferentes orientaciones de la pendiente.

No	Nombre científico	Norte	Noroeste	Suroeste
1	<i>Bursera simaruba</i>	23.54	35.56	27.49

Continuación Cuadro 10.

No	Nombre científico	Norte	Noroeste	Suroeste
2	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	22.71	25.32	15.61
3	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	13.99	23.73	22.23
4	sp Asteraceae 2	13.83	20.87	11.14
5	<i>Plumeria rubra</i>	7.66	16.45	5.47
6	<i>Coffea arabica</i>	1.75	11.74	1.42
7	sp Asteraceae 1	3.62	10.45	5.72
8	<i>Leucaena diversifolia</i>	11.53	9.89	0.86
9	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	13.75	9.17	14.52
10	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	1.22	8.95	5.24
11	<i>Hauya ruacophila</i>	4.27	7.73	4.82
12	<i>Lasiatheae fruticosa</i>	6.81	7.47	2.26
13	sp inicio	3.45	7.34	6.92
14	sp Hojas Opuestas	6.16	7.23	6.60
15	<i>Euphorbia leucocephala</i>	15.63	7.01	12.10
16	<i>Chiococca phaenostemon</i>	6.78	6.75	0
17	<i>Croton</i> sp	0.97	6.05	2.17
18	<i>Euphorbia pulcherima</i>	0.89	5.90	5.43
19	<i>Homalium racemosum</i>	33.39	5.84	5.00
20	<i>Pistacia mexicana</i>	17.95	4.90	8.69
21	<i>Garrya laurifolia</i>	2.63	4.45	0.86
22	sp Brasilillo	2.66	4.27	1.46
23	<i>Erythrina berteroaana</i>	3.80	4.22	5.94
24	<i>Karwinskia calderonii</i>	2.39	3.83	6.30
25	<i>Rhus schiedeana</i>	16.43	3.59	1.02
26	<i>Zanthoxylum fagara</i>	1.96	3.52	2.79
27	sp Asteraceae 3	3.87	3.52	14.42
28	<i>Malvaviscus arboreus</i>	1.49	3.25	2.04
29	sp paripinada	0.75	2.86	0
30	<i>Sideroxylon tepicense</i>	1.10	2.45	7.92

Continuación Cuadro 10.

No	Nombre científico	Norte	Noroeste	Suroeste
31	<i>Annona squamosa</i>	6.42	2.28	1.71
32	<i>Tecoma stans</i>	6.02	2.23	8.00
33	<i>Prunus salasii</i>	0	2.08	1.30
34	<i>Clusia flava</i>	2.38	1.83	0
35	<i>Diphysa robinoides</i>	4.69	1.72	3.57
36	<i>Zapoteca formosa</i>	1.67	1.52	2.47
37	<i>Quercus tristris</i>	9.23	1.43	2.62
38	Chichicaste de montaña	0	1.39	4.47
39	<i>Montanoa</i> sp	0	1.30	1.29
40	<i>Vaccinium</i> sp	3.06	1.26	2.60
41	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0	1.13	2.16
42	<i>Cedrela tonduzii</i>	0	1.08	15.23
43	<i>Pinus</i> sp	0	1.08	0
44	<i>Ceiba aesculifolia</i>	0	0.94	5.53
45	<i>Piper</i> sp	0	0.90	0.86
46	<i>Aegiphila</i> sp	2.77	0.89	4.13
47	<i>Urera caracasana</i>	0.75	0.88	1.74
48	sp pedúnculo	1.52	0.87	3.85
49	<i>Mimosa albida</i>	0	0.87	0
50	<i>Calliandra</i> sp	3.25	0	3.66
51	<i>Solanum atitlanum</i>	2.00	0	5.45
52	sp tépalos verdes	1.50	0	1.76
53	<i>Rhus terebenthifolia</i>	1.49	0	0
54	sp ramita roja	1.31	0	0
55	<i>Adelia barbinervis</i>	1.30	0	0
56	<i>Grevillea robusta</i>	1.24	0	3.94
57	<i>Alstonia longifolia</i>	0.90	0	1.00
58	<i>Trema micrantha</i>	0.77	0	3.21
59	<i>Bocconia arborea</i>	0.75	0	0

Continuación Cuadro 10.

No	Nombre científico	Norte	Noroeste	Suroeste
60	<i>Dahlia imperialis</i>	0	0	1.89
61	sp base truncada	0	0	4.56
62	sp Leguminoseae 3	0	0	6.57

En la orientación de la montaña norte los árboles que presentan mayor Índice de Valor de Importancia Ecológico (IVI) son *Bursera simaruba* (23.54%), *Eysenhardtia adenostylis* (22.71%) y *Cnidocolus tubulosus* (13.99%). Los árboles que presentan mayor IVI son *Bursera simaruba* (35.56%), *Cnidocolus tubulosus* (33.73%) y *Eysenhardtia adenostylis* (25.32%). En la orientación de la montaña noroeste los árboles que presentan mayor IVI son *Bursera simaruba* (27.49%), *Cnidocolus tubulosus* (22.23%) y *Eysenhardtia adenostylis* (15.61%). *Bursera simaruba* es el árbol que presenta las mejores condiciones para su desarrollo en las diferentes orientaciones de la pendiente. *Eysenhardtia adenostylis* y *Cnidocolus tubulosus* se encuentran entre las tres especies que mejores condiciones poseen en el bosque para su desarrollo en las tres orientaciones de la pendiente.

Se comparó la diversidad de árboles, arbustos y suculentas para las diferentes orientaciones de la pendiente del área de estudio del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de una forma descriptiva para a través del cálculo del índice la diversidad de Shannon Wiener y el índice de similitud de Jaccard. Los cuadros 11 y 12 muestran los resultados.

Cuadro 11. Diversidad de Shannon-Wiener de los árboles, arbustos y suculentas según las orientaciones de la pendiente.

Orientación de la pendiente	Índice de Diversidad de Shannon-Wiener
Sur-oeste	21.88
Norte	15.16
Nor-oeste	13.70

La orientación de la pendiente que presenta mayor diversidad de árboles, arbustos y suculentas es suroeste, seguido por la orientación norte. La orientación de la pendiente que presenta menor diversidad es nor-oeste.

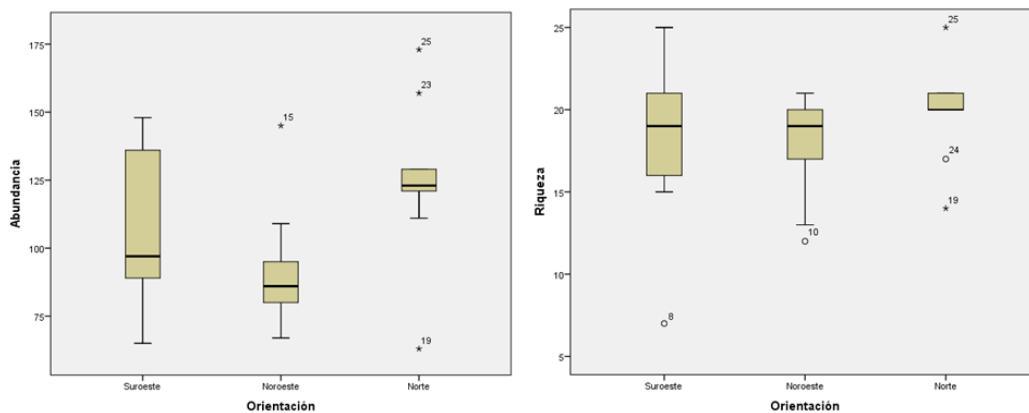
Cuadro 12. Índice de similitud de Jaccard de los árboles, arbustos y suculentas para los diferentes pisos altitudinales.

Orientación montaña	Norte	Sur-oeste	Noroeste
Nor-oeste	0.63	0.70	1
Sur-oeste	0.67	1	
Norte	1		

Las orientaciones de la pendiente que presentaron mayor similitud fueron sur-oeste y noroeste; Seguido la pendiente sur-oeste y norte. Las orientaciones que presentaron menor similitud de Jaccard fueron norte y sur-oeste.

Para determinar si existía una diferencia significativa en la composición de árboles, arbustos y suculentas en las diferentes orientaciones de la pendiente en el BTES se llevó a cabo una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. La Figura 9 y Cuadro 13 muestran los resultados.

Figura 9. Diagrama de caja y bigote de la abundancia y riqueza de los diferentes pisos altitudinales utilizados para la comparación de la composición florística en el BTES de San Antonio Palopó.



Con una confianza del 95% aceptamos la hipótesis nula, no existe diferencia significativa en la abundancia y riqueza de especies entre las orientaciones de la pendiente sur-oeste, nor-oeste y norte.

Cuadro 13: Resumen de contrastes de hipótesis de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la comparación de la composición florística en las diferentes orientaciones de la pendiente.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Abundancia es la misma entre las categorías de Orientación.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.081	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de Riqueza es la misma entre las categorías de Orientación.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.269	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es .05.

Con una significancia del 0.081, conservamos la hipótesis nula respecto a la distribución de la abundancia de individuos respecto a las diferentes orientaciones de la pendiente. No existe diferencia significativa en la abundancia de individuos en las diferentes orientaciones de la pendiente. Con una significancia del 0.269 conservamos la hipótesis nula respecto a la distribución de la riqueza de especies respecto a las diferentes orientaciones de la pendiente. No existe diferencia significativa en la riqueza de especies en las diferentes orientaciones de la pendiente.

IV. DISCUSIÓN

A. Riqueza

En total se identificaron 94 especies de plantas, divididas en 81 géneros y 46 familias para el ecosistema BTES dentro de la cuenca del Lago de Atitlán. Tomando en cuenta este estudio y los demás recopilados, el total de plantas asociadas al BTES de Atitlán asciende a 165 especies. Esto significa que el presente estudio registra un 57% del total de las especies. Contribuye con 45 especies nuevas para el registro de plantas asociadas a este ecosistema; Quince de estas especies se restringen únicamente al BTES y las 30 especies restantes representan plantas típicas de BTES tolerantes al ecosistema bosque Pino-Encino y especies de bosque de Pino-Encino tolerantes al ecosistema BTES. Entre las especies nuevas registradas restringidas para el BTES se encuentran: *Pistacia mexicana* (Anacardiaceae), *Tonduzia longifolia* (Apocynaceae), *Erythroxylum rotundifolium* (Erythroxylaceae), *Zapoteca formosa* (Fabaceae), *Robinsonella cordata* (Malvaceae), *Zanthoxylum fagara* (Rutaceae) y *Sideroxylon tepicense* (Sapotaceae). Estas fueron observadas de forma abundante en los recorridos *ad libitum*, por lo que se consideran un hallazgo importante al tratar de comprender la composición florística del ecosistema BTES de la cuenca.

En los recorridos se logró apreciar que la distribución de las especies de árboles no es homogénea en toda la cuenca. Pareciera que la abundancia y frecuencia de los árboles varía en función de las variaciones micro-climáticas que existen alrededor de ésta. En los recorridos se logró observar ciertos patrones de distribución que parecían ser constantes para la población de ciertas especies. A continuación se enlistan dichas observaciones:

1. Especies propias de BTES: estas especies ocurren de una manera frecuente desde el nivel del lago (1560 msnm) hasta los 1750(-1860) msnm en áreas dentro de la cuenca con potencial para albergar BTES; estas especies parecieran ocurrir únicamente en el ecosistema BTES. Ejemplos de estas son: *Pistacia mexicana*, *Plumeria rubra*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Zanthoxylum fagara*, *Ceiba aesculifolia*, *Hauya ruacophila*, *Rhus schiedeana*, *Bursera simaruba*, *Sideroxylon tepicense* y *Karwinskia calderonii*.

2. Especies propias de BTES restringidas a áreas rocosas: estas especies ocurren dentro del área potencial de BTES (1560-1800 msnm) y se restringen a lugares rocosos expuestos al ambiente. Ejemplo de estas son: *Mammillaria* sp., *Nopalea* sp., *Agave pachycentra* y *Ficus* sp.

3. Especies propias de BTES restringidas a áreas cercanas al lago: estas especies ocurren de manera frecuente cercanas al lago y a ríos. Ejemplo de éstas son: *Salix* spp. y *Schinus molle*.

4. Especies exóticas tolerantes a BTES: estas especies han sido introducidas a la cuenca y pueden ocurrir de manera naturalizada en el BTES. Ejemplo de éstas es: *Schinus molle*.

5. Especies propias de BTES tolerantes a bosques de Pino-Encino: estas especies ocurren de manera frecuente y muy frecuente dentro del área BTES, entre 1650-1800 msnm; y son poco abundantes y raras en el área de bosques de Pino-Encino, (-1800)1900-2000(2100) msnm. Ejemplo de éstas son: *Spondias purpurea*, *Tecoma stans*, *Casimiroa edulis*, *Pitcairnia heterophylla*, *Cnidioscolus tubulosus*, *Diphysa americana*, *Eysenhardtia adenostylis*, *Leucaena diversifolia* y *Cedrela tonduzii*.

6. Especies propias de bosques de Pino-Encino tolerantes a BTES: estas especies ocurren de manera frecuente y muy frecuente dentro del área de bosque de Pino-Encino, por encima de los 1900 msnm; y son poco abundantes y raras en el área de BTES, 1650-1800 msnm. Ejemplo de estas son: *Clethra mexicana*, *Cupressus lusitanica*, *Quercus peduncularis*, *Quercus tristis*, *Juglans olanchana*, *Alnus jorullensis* y *Pinus* spp.

7. Especies propias de regeneración: estas especies son propias de regeneración natural, tolerantes al sol, y parecen ocurrir independientes a las limitantes del BTES y de Bosques de Pino-Encino. Ejemplo de éstas son: *Heliocarpus donnellsmithii*, *Phenax* sp., *Malvaviscus arboreus* y *Bocconia arborea*.

8. Especies propias de quebradas: estas especies ocurren en quebradas en el área potencial para albergar BTES. Ejemplo de éstas son: *Prunus salasii* y *Ostrya virginiana*.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) *Juglans olanchana* se encuentran en peligro de extinción y *Pistacia mexicana* y *Cedrela tonduzii* son especies vulnerables a extinguirse. Según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) *Cedrela tonduzii* y *Juglans olanchana* pertenecen a la categoría 2 del Listado de Especies Amenazadas (LEA), estas especies poseen distribución restringida a un solo tipo de hábitat; y

Quercus peduncularis y *Hauya elegans* pertenecen a la categoría 3, estas especies podrían llegar a estar en peligro de extinción si no se regula su aprovechamiento. Las poblaciones de *Pistacia mexicana*, *Cedrela tonduzii* y *Hauya elegans* están restringidas al BTES y al ecotono con el bosque de Pino-Encino dentro de la cuenca del lago de Atitlán. Estas fueron observadas de manera abundante en los parches de bosque del lado norte, noreste y este de la cuenca, por lo que su conservación es de suma importancia para mantener las poblaciones de estas especies en peligro.

B. Abundancia, frecuencia, dominancia e IVIS

Se levantaron 27 parcelas en el parche de Bosque Tropical Estacionalmente Seco más grande de la cuenca del lago de Atitlán. Con la información de las parcelas se calculó la abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa y el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) para determinar cuáles son las especies que presentan las mejores condiciones para su desarrollo. *Homalium racemosum* (Flacourtiaceae) es la especie más abundante (11.43%), seguida por *Cnidocolus tubulosus* (8.11%) y *Euphorbia leucocephala* (6.74%). Estas especies mostraron características similares, las cuales pueden ser la razón de su abundancia. Estas son especies típicas de BTES, pero a diferencia de otras, estas presentan los diámetros y alturas más bajas, ocupando así menos espacio y pudiendo existir mayor número de individuos por área.

Cnidocolus tubulosus es la especie más frecuente (5%) en el BTES; este estuvo presente en 22 de las 27 parcelas. *Bursera simaruba* es la segunda especie más frecuente (4.78%), estando ésta presente en 20 de las parcelas. A estas les sigue *Eysenhardtia adenostylis* (4.35%) y Asteraceae (4.35%) en 15 de las 27 parcelas. Tomando en cuenta las variaciones que existieron en las parcelas por altitud, orientación de la pendiente, diferencias en microclimas, factores edáficos y perturbación al bosque, se podría pensar que *Cnidocolus tubulosus* es una especie generalista. Lo mismo podría ocurrir con *Bursera simaruba* y *Eysenhardtia adenostylis*.

Bursera simaruba presenta la mayor dominancia (19.32%) para el BTES. A esta le siguen *Eysenhardtia adenostylis* (11.15%) y *Cnidocolus tubulosus* (6.43%). *Bursera simaruba* es una especie típica de BTES, presentando las alturas y diámetros más grandes observados en los bosques de la cuenca. Por estas características y su alta frecuencia y abundancia, esta especie es una de las más importantes para el dosel del bosque de este ecosistema. Al contrario, *Cnidocolus tubulosus*, presenta los diámetros más bajos, sin embargo, su alta dominancia se atribuye a su gran abundancia.

El Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) muestra que las condiciones ambientales presentes en el BTES son las más óptimas para albergar individuos de *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis* y *Cnidocolus tubulosus*. Esto refleja la importancia de estas especies en la composición florística de este ecosistema, por lo que la conservación de estas poblaciones resulta importante para el ecosistema de BTES de la cuenca del lago de Atitlán. Una adecuada restauración ecológica en este ecosistema debe contemplar estas especies para la mantención de la composición florística.

Homalium racemosum, *Heliocarpus donnell-smithii*, *Euphorbia leucocephala*, *Pistacia mexicana*, *Plumeria rubra*, *Leucaena diversifolia* y *Rhus schiedeana* son especies que presentaron IVIS entre 16.33% y 7.49%. Estas aparecen de forma constante dentro del BTES, aunque no son tan abundantes, frecuentes y dominantes como *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis* y *Cnidocolus tubulosus*. *Heliocarpus donnell-smithii* es una especie de regeneración, por lo que su IVI (12.32%) puede reflejar la existencia de claros dentro del bosque así como del efecto de borde del bosque. *Pistacia mexicana* es una especie que no había sido registrada con anterioridad para el BTES de Atitlán, y tomando en cuenta su importancia ecológica según el IVI (10.9%), esta especie representa un hallazgo importante en la comprensión de la composición florística de este ecosistema. Se observó según los recorridos de campo alrededor de la cuenca, que la población de *Plumeria rubra* se encuentra restringida, sobre todo, a la parte norte, noreste y este de la cuenca, en donde alcanza un IVI de 9.70%.

C. Comparación de la composición florística por piso altitudinal

Los Índices de Valor de importancia ecológica (IVI) calculados para cada especie en los pisos altitudinales demuestran que, aunque la prueba de Kruskal-Wallis determinó que no existió una diferencia significativa en el número total de individuos y número total de especies en los diferentes pisos altitudinales, sí existió una diferencia en especies individuales. Por ejemplo, *Quercus tristis* estuvo presente en varias parcelas a 1800 msnm, y en una única parcela a 1700 msnm, mientras que no estuvo presente a 1600 msnm. Se observó lo mismo con *Erythrina berteroana*. *Pinus* sp. estuvo presente únicamente a 1800 msnm, con unos pocos individuos. *Pistacia mexicana* y *Diphysa robinooides* presentan IVI más alto a medida que el piso altitudinal es mayor. Esto indica que el desarrollo óptimo de estas especies ocurre a 1800 msnm dentro del BTES, sin embargo, según las observaciones en los recorridos, *Pistacia mexicana* no está presente

en el bosque de Pino-Encino (1900 msnm), mientras que *Diphysa robinooides* aparece de forma poco abundante.

Se pudo observar que existió diferencia en los valores de diversidad obtenidos por el índice de Shannon-Wiener para los diferentes pisos altitudinales. El piso altitudinal con mayor diversidad fue 1800 msnm, seguido por 1600 msnm. El piso altitudinal con menor diversidad fue 1700 msnm. Dichas diferencias pueden ser explicadas por: a) el efecto de borde que presenta el parche de Bosque en donde se realizó el estudio; b) presencia de cultivos bajo sombra como el café en ciertas parcelas; c) cercanía de la parcela con el ecosistema bosque Pino-Encino, con vegetación de un ecotono entre estos dos ecosistemas.

A 1800 msnm se logró observar que mucha de la vegetación de las parcelas era típica de un bosque en regeneración. Esto se vio reflejado en la presencia de especies típicas de regeneración, pioneras, tolerantes al sol y de rápido crecimiento. Ejemplos de estas especies son *Heliocarpus donnellsmithi* y *Alnus jorullensis*. En el mismo piso altitudinal, otras parcelas estuvieron situadas parcialmente en cultivos de café bajo sombra. La presencia de especies de árboles utilizados para la sombra, como *Grevillea robusta*, fueron abundantes. Por último, la composición de árboles en las parcelas a 1800 msnm se vio afectada por la cercanía de éstas al ecosistema de Pino-Encino, el cual se encuentra a una altura por encima de los 1900 msnm, por lo que la vegetación fue de un ecotono entre estos dos ecosistemas. Ejemplo de algunas especies presentes en estas parcelas, típicas del ecosistema bosque de Pino-Encino, fueron *Quercus tristis*, *Oreopanax xalapensis* y *Pinus sp.*

A 1600 msnm se logró observar que muchas de las parcelas, al igual que las de 1800 msnm, estuvieron influenciadas por la presencia de especies típicas del efecto de borde, regeneración, y por cultivos bajo sombra como el café. Sin embargo, dichas parcelas no presentaron especies típicas del ecosistema Pino-Encino. Lo cual puede explicar la diferencia en el valor de diversidad de Shannon-Wiener entre los pisos altitudinales 1800 y 1600 msnm.

El piso altitudinal de 1700 msnm fue el que presentó menor diversidad de Shannon-Wiener. Esto puede ser atribuido a que estas parcelas no presentaron especies típicas de efecto de borde, cultivos bajo sombra ni presencia de especies del ecosistema Bosque de Pino-Encino. Los

árboles, arbustos y suculentas presentes en este piso altitudinal fueron las típicas especies presentes únicamente en el ecosistema BTES. Por lo que, aunque la diversidad fue la menor en este piso altitudinal, sus especies fueron las más representativas de este ecosistema. Además, por la ausencia de especies típicas de regeneración y de cultivos de café bajo sombra, se puede inferir que el área más representativa y mejor conservada de Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la Cuenca del Lago de Atitlán se encuentra en la franja altitudinal a 1700 msnm. Esto resulta importante al considerar las estrategias utilizadas para la conservación de este ecosistema en la cuenca del lago de Atitlán. Los esfuerzos para la conservación de este ecosistema deben enfatizar la conservación de parches de bosque a 1700 msnm y la restauración ecológica a 1600 msnm y 1800 msnm con especies típicas del ecosistema como: *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis*, *Cnidocolus tubulosus*, *Plumeria rubra*, *Pistacia mexicana*, *Rhus schiedeana*, *Leucaena diversifolia*, *Hauya ruacophila* y *Euphorbia leucocephala*

D. Comparación de la composición florística por orientación de la pendiente

La Figura 6 muestra la localización de las parcelas en sus respectivas orientaciones de la montaña utilizadas para la comparación de la composición de árboles, arbustos y suculentas. Se observa que las parcelas norte y noroeste estaban cercanas entre ellas, ubicadas alrededor de una bahía en el lado de sotavento de la montaña dentro de la cuenca respecto a la humedad proveniente de la bocacosta del pacífico. Las parcelas suroeste estuvieron muy separadas entre sí, estando 6 de ellas ubicadas cercanas a la bahía de San Lucas. En estas, la presencia de humedad en forma de nube proveniente de la bocacosta es mucho más común que en el resto de parcelas, presentando estos microclimas relativamente más húmedos que las parcelas norte y noroeste. Esto parece influenciar en la distribución de ciertas especies en el área. Por ejemplo, una especie de Papilionoideae (Fabaceae), no identificada, se observó únicamente en las parcelas ubicadas en orientación suroeste, en el lado de barlovento de la montaña; de igual forma *Sideroxylon tepicense* presentó su mayor número de individuos en esta orientación. Para estas especies pareciera que la humedad es un factor limitante en su distribución.

Bursera simaruba, *Eysenhardtia adenostylis* y *Cnidocolus tubulosus* fueron las tres especies que presentaron los mayores IVIs sin importar la orientación de la montaña. Esto parece indicar que las diferencias en humedad, existentes entre las parcelas por su ubicación, no es un factor limitante en su desarrollo.

Otra diferencia observada en campo entre las parcelas correspondientes es el grado de perturbación por factores antropogénicos y derrumbes. Una parcela ubicada en la orientación norte presentó vegetación típica de regeneración causada por un derrumbe, habiendo únicamente gramas y arbustos pequeños no considerados en la parcela por tener DAP menor al criterio de inclusión. Mientras que las parcelas ubicadas en la orientación noroeste presentaron la vegetación con menos perturbación. Esto se vió reflejado en las diferencia en el valor del IVI entre las especies *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis* y *Cnidocolus tubulosus* en las diferentes orientaciones de la pendiente. Estas tres especies presentaron las condiciones más óptimas para su desarrollo en las parcelas noroeste, las cuales presentaron las condiones con menos perturbación. Mientras que los IVIs más bajos de estas especies estuvieron en las parcelas norte, donde existió más perturbación.

Al comparar la diversidad por orientación de la pendiente notamos que el lado suroeste presentó la mayor diversidad ($H^0= 21.88$), seguido por orientación norte ($H^0=15.6$) y orientación noroeste ($H^0=13.70$). Esto puede ser explicado por diferencias en humedad y perturbación de las parcelas individuales. Las parcelas correspondientes a la orientación suroeste estaban bastante separadas entre sí presentando estas diferencias en humedad y perturbación, lo cual se vió reflejado en la composición de las especies, presentando mayor número de especies en total.

V. CONCLUSIONES

1. Se identificaron 96 especies de plantas para el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del Lago de Atitlán en este estudio.
2. Se reportan en total 165 especies para el BTES de la cuenca, de los cuales este estudio reporta 45 especies nuevas.
3. La mayor diversidad de árboles, arbustos y suculentas dentro del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de San Antonio Palopó ocurre a una altitud de 1800 msnm y en la orientación de la pendiente sur-oeste.
4. Los pisos altitudinales que presentan mayor similitud en la composición de árboles, arbustos y suculentas son a 1800 msnm y 1600 msnm; las orientaciones de la pendiente que presentan mayor similitud en la composición de árboles, arbustos y suculentas son sur-oeste y nor-oeste.
5. *Bursera simaruba* (palo de jiote), *Eysenhardtia adenostylis* (taray) y *Cnidoscolus tubulosus* (chichicaste de caballo) son la especies que presentan índices de Valor de Importancia Ecológica más altos por lo que son las especies más representativas del ecosistema.
6. No existe diferencia significativa en la composición de árboles, arbustos y suculentas en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del Lago de Atitlán según los pisos altitudinales 1600 msnm, 1700 msnm y 1800 msnm.
7. Los parches de bosque a 1700msnm son los que presentan una composición típica del BTES por lo que son prioritario para la conservación dentro de la cuenca de Atitlán.
8. No existe diferencia significativa en la composición de árboles, arbustos y suculentas en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del Lago de Atitlán en la orientación de la pendiente nor-oeste, nor-este y norte.

VI. RECOMENDACIONES

Para poder enriquecer el conocimiento concerniente a la riqueza de especies de plantas del Bosque Tropical Estacionalmente Seco de la cuenca del Lago de Atitlán se recomienda realizar estudios sobre las hierbas, enredaderas y lianas, debido a que este estudio, y los estudios recopilados, no abarcan en profundidad plantas con estos hábitos, y sin embargo, su presencia fue notable en el ecosistema.

Aunque la composición de árboles, arbustos y suculentas no cambió según los pisos altitudinales de este estudio, se recomienda realizar estudios que incorporen pisos altitudinales a 1900 msnm y 2000 msnm, así como realizar el mismo estudio en diferentes parches de bosque de la cuenca. Esto debido a que las condiciones microclimáticas varía mucho dentro de la cuenca y se puede observar que a mayor altitud la clara presencia del ecosistema Pino-Encino.

Debido a que el presente estudio justifica una posible dispersión altitudinal de las especies debido a las predicciones del cambio climático en el área, se recomienda utilizar las parcelas utilizadas en este estudio, como parcelas permanentes para el monitoreo del cambio climático.

Debido a la rápida fragmentación del BTES de la cuenca, es de suma importancia actualizar el mapa de distribución del ecosistema dentro de la cuenca; incorporando los parches de bosque presentes en las microcuencas de río San Francisco y río Jaibal; con el fin de poder monitorear su fragmentación.

Con el fin de comprender la afinidad y diferencias del BTES de la cuenca de Atitlán con respecto a otras unidades de BTES del país, se recomienda comparar la información generada en este estudio con la información de otros estudios realizados para las diferentes unidades de este ecosistema en Guatemala.

Se recomienda realizar estudios sobre cuál es el efecto de borde de los parches y la diferencias microclimáticas sobre la composición florística del BTES.

Gracias a este estudio se puede recomendar que la restauración ecológica del Bosque Tropical Esacionalmente Seco de Atitlán se debe realizar con especies como *Bursera simaruba*, *Eysenhardtia adenostylis*, *Pistacia mexicana*, *Leucaena diversifolia* y *Plumeria rubra*. Especialmente se debe impulsar la restauración ecológica con *Pistacia mexicana*, ya que es una especie Vulnerable a la extinción según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Se debe priorizar la conservación de parches de bosque a 1700 msnm ya que estos poseen la composición florística típica del ecosistema. La reforestación y restauración ecológica se debe realizar a 1600 msnm y a 1800 msnm, debido a que en estas altitudes es donde más degradado se encuentra el ecosistema.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. et al. 2010. **Ecosistemas de Guatemala: un enfoque por zonas de vida**. Editorial Don Bosco, Guatemala. 178pp.
- Asociación Vivamos Mejor. 2009. **Monitoreo ecológico 2009: Sistema de parques ecológicos de Sololá y Reserva de Usos Múltiples Cuenca del Lago de Atitlán**. 29pp.
- Barwick M. 2004. **Tropical & subtropical trees: a worldwide encyclopaedic guide**. Thames & Hudson, Reino Unido. 484pp.
- Bullock, S. 1995. **Seasonally dry tropical forest**. Cambridge University Press, Reino Unido. 450pp.
- Cajas, J. 2008. **Ecología de la polinización de los cactus columnares *Stenocereus pruinosus* y *Pilosocereus leucocephalus* en los valles de Salamá y el Motagua**. Proyecto FODECYT. 38pp.
- CONAP. 2006. **Plan de desarrollo sostenible de la Reserva de Uso Múltiple La Cuenca del Lago de Atitlán y el departamento de Sololá 2007-2011**. Guatemala. 185pp.
- _____. 2011. **El sistema guatemalteco de áreas protegidas: base fundamental para el bienestar de la sociedad guatemalteca**. Documento Técnico no. 95 (01-2011). CONAP/ZOOTROPIC. 360pp.
- CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC. 2011. **Plan de conservación de las regiones secas de Guatemala**. En: Ariano, D. y E. Secaira (Eds). Documento Técnico no. 99 (01-2011), Guatemala. 76pp.
- De La Cruz, J. 1976. **Clasificación de zonas de Vida de Guatemala a nivel de reconocimiento**. 41pp.
- Deepak, R. et al. 2006. **Dry season clouds and rainfall in northern Central America: Implications for the Mesoamerican Biological Corridor**. Global and Planetary Change. 150–162pp.
- Dix, M. et al. 2014. **El lago Atitlán: su estado ecológico**. Simposio Científico Atitlán. Panajachel, Guatemala.

- Dix, M. y M. Dix. 2006. **Diversity, distribution, ecology and economic importance of Guatemalan orchids**. En: Cano, E. (eds) Biodiversidad de Guatemala Volumen 1. Guatemala. 187-198pp.
- _____. 2006. **Diversity, distribution, ecology and economic importance of Bromeliaceae in Guatemala**. En: Cano, E. (eds) Biodiversidad de Guatemala Volumen 1. Guatemala. 199-210pp.
- Dix, M., O., O. Medilla y E. Castellanos. 2003. Descripción Física en Dix, M., I. Fortin, O. Medinilla y L. Ríos (editores). **Diagnóstico ecológico-social en la cuenca de Atitlán**, publicado por Universidad del Valle de Guatemala/TheNatureConservancy, Guatemala. 13p.
- Espinosa, C. et al. 2012. **Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación**. Ecosistemas (21). 13pp.
- Gentry, A. 1995. **Diversity and floristic composition of neotropical dry forests**. Cambridge University Press, UK.146-194pp.
- Gillespie, T. 2006. **Diversity, biogeography and conservation of woody plants in tropical dry forests of south Florida**. En: Pennigton et al. (eds.) Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and Conservation. CRC Press, USA. 383-394pp.
- González-Hidalgo J. y López, M. 1989. **Distribución de formaciones vegetales: influencia de la exposición topográfica en dos ambientes morfoclimáticos mediterráneos**. Rev. Lucas Mallada, España. 51-65pp.
- González-Hidalgo J. y López, M. 1996. **Efecto de la vegetación y orientación de la ladera en perfiles de humedad en el suelo de un ambiente semiárido del interior de España**. Cuadernos I. Geográfica, España. 81-96pp.
- Guerra, A. 2010. **Climate-related disaster risk in mountain areas: the Guatemalan highlands at the start of the 21st Century**. School of Geography and the Environment University of Oxford, Oxford, Inglaterra.267pp.
- Holdridge, L. 1982. **Ecología: basada en zonas de vida**. 2^{da}. ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. 216pp.

- IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 2011. **Cambio climático y biodiversidad: elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico.** Documento Técnico No. 37. Guatemala. 114pp
- Janzen, D. 1988. **Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystem.** En: E. Wilson y F. Peter (eds.). Biodiversity. National Academy Press, pp. 130-137.
- Jiménez, J. y M. Barillas. 2011. **Estudio florístico del ecosistema asociación xérica, En La Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán –RUMCLA–.** CONAP y FONACON. Guatemala. 30pp.
- Killen, T. *et al.* 2006. **The chiquitano dry forests, the transition between humid and dry forest in Eastern Lowland Bolivia.** En: Pennigton *et al.* (eds.) Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and Conservation. CRC Press, USA. 213-234pp.
- Kimmins, J. 1997. **Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Management.** 2da. Ed. Editorial Prentice Hall, USA. 594pp.
- Lewis, G. *et al.* 2006. **Seasonally dry forests of southern Ecuador in a continental context: insights from Legumes.** En: Pennigton *et al.* (eds.) Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and Conservation. CRC Press, USA. 281-314pp.
- Linares-Palomino, R. 2006. **Phytogeography and floristic of seasonally dry tropical forests y Peru.** En: Pennigton *et al.* (eds.) Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and Conservation. CRC Press, USA. 257-280pp.
- Lugo, A. *et al.* 2006. **Botanical and ecological basis for the resilience of Antillean dry forests** En: Pennigton *et al.* (eds.) Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and Conservation. CRC Press, USA. 259-382pp.
- MacVean, A. 2006. **Plantas útiles de Sololá.** Herbario UVAL, Instituto de Investigaciones Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 222pp.
- Miles, L. *et al.* 2006. **A global overview of the conservation status of tropical dry forests.** *Biogeogr.* 33. 491-505pp.

- Mooney, H. *et al.* 1995. **Introduction in Seasonally dry tropical forests**. Cambridge University Press, UK. 1-8pp.
- Murphy, P. y A. Lugo. 1986. **Ecology of tropical dryforest**. Annual Review of Ecology and Systematics.17:67-88.
- Pardo, P. 2007. **Estudio de la vegetación del volcán San Pedro, Sololá**. Editorial Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 133pp.
- Parker, T. 2008. **Trees of Guatemala**. The Tree Press, Texas. 1033pp.
- Pennington, T. 2006. **An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forests**. En: Pennigton *et al.* (eds.) Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and Conservation. CRC Press, USA.1-30pp.
- Smith, T. y R. Smith.2007. **Ecología**. Pearson Educación, Madrid. 682pp.
- Standley, P. y L. Williams.1947. **Flora de Guatemala**. *Fieldiana: Botany*.
- Sternberg, M. y M. Shoshany. 2001. **Influence of slope aspect on Mediterranean woody formations: comparison of a semiarid and an arid site in Israel**. Ecological research. 16. 335-245pp.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2002. **Floristic diversity of mexican seasonally dry tropical forest**. Biodiversity Conservation (11). 63-84pp.
- Villar, L. 2008. **La flora silvestre de Guatemala**. Editorial Universitaria Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 105pp.
- Villarreal, H. *et al.* 2006. **Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad**. 2da. Ed. Edición. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander vonHumboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Wood, J. 2006. **Inter-Andean dry valleys of Bolivia: floristic affinities an patterns of endemism: Insight from Acanthaceae, Asclepiadaceae and Labiatae**. En: Pennigton *et al.* (eds.)

Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and Conservation. CRC Press, USA.235-256pp.

VIII. ANEXOS

Figura 10: Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopó para la comparación de la composición florística por pisos altitudinales.

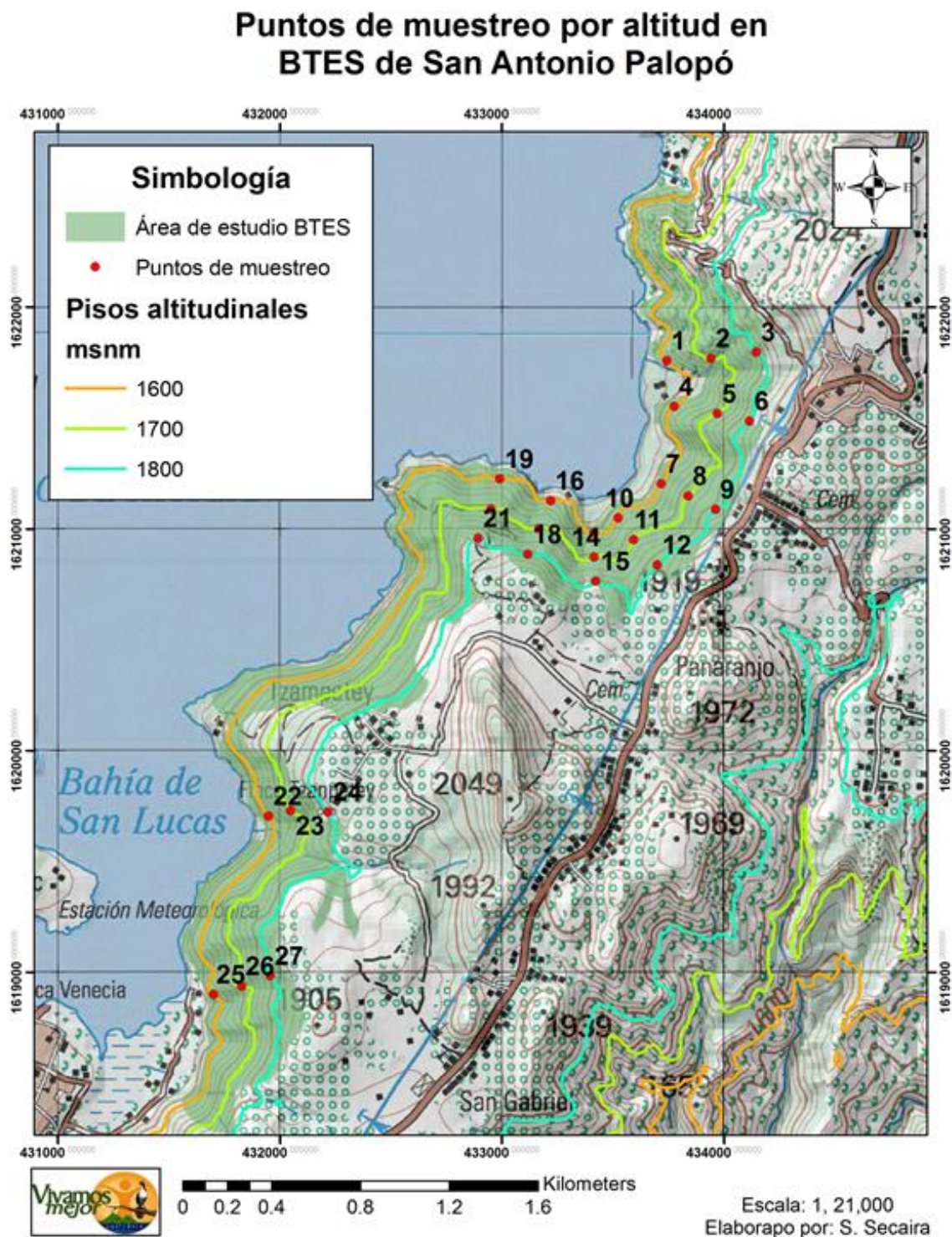


Figura 11: Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopó para la comparación de la composición florística por orientación de la pendiente.

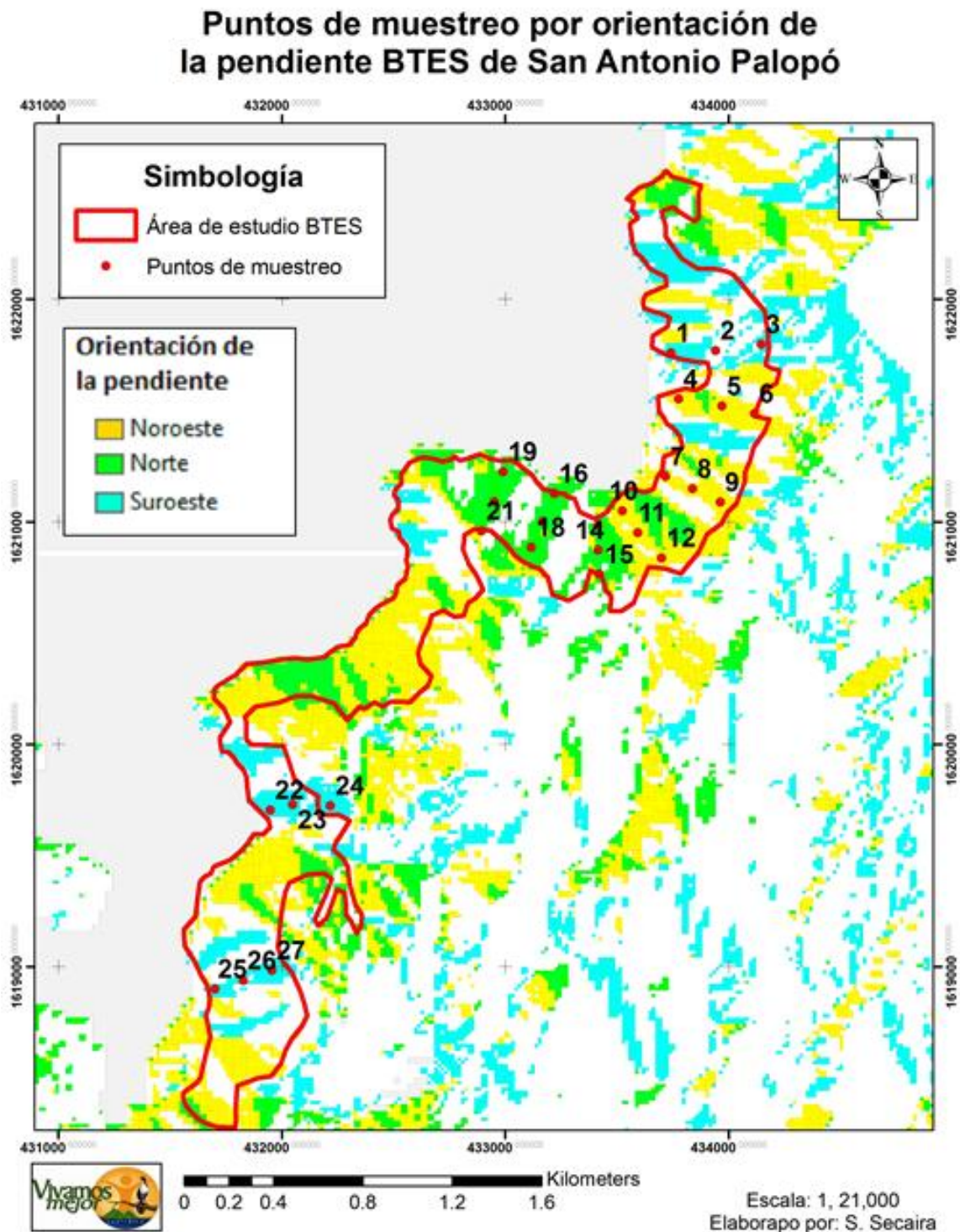


Figura 12: Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopó para la comparación de la composición florística y la inclinación de la pendiente.

Grado de accesibilidad a los puntos de muestreo

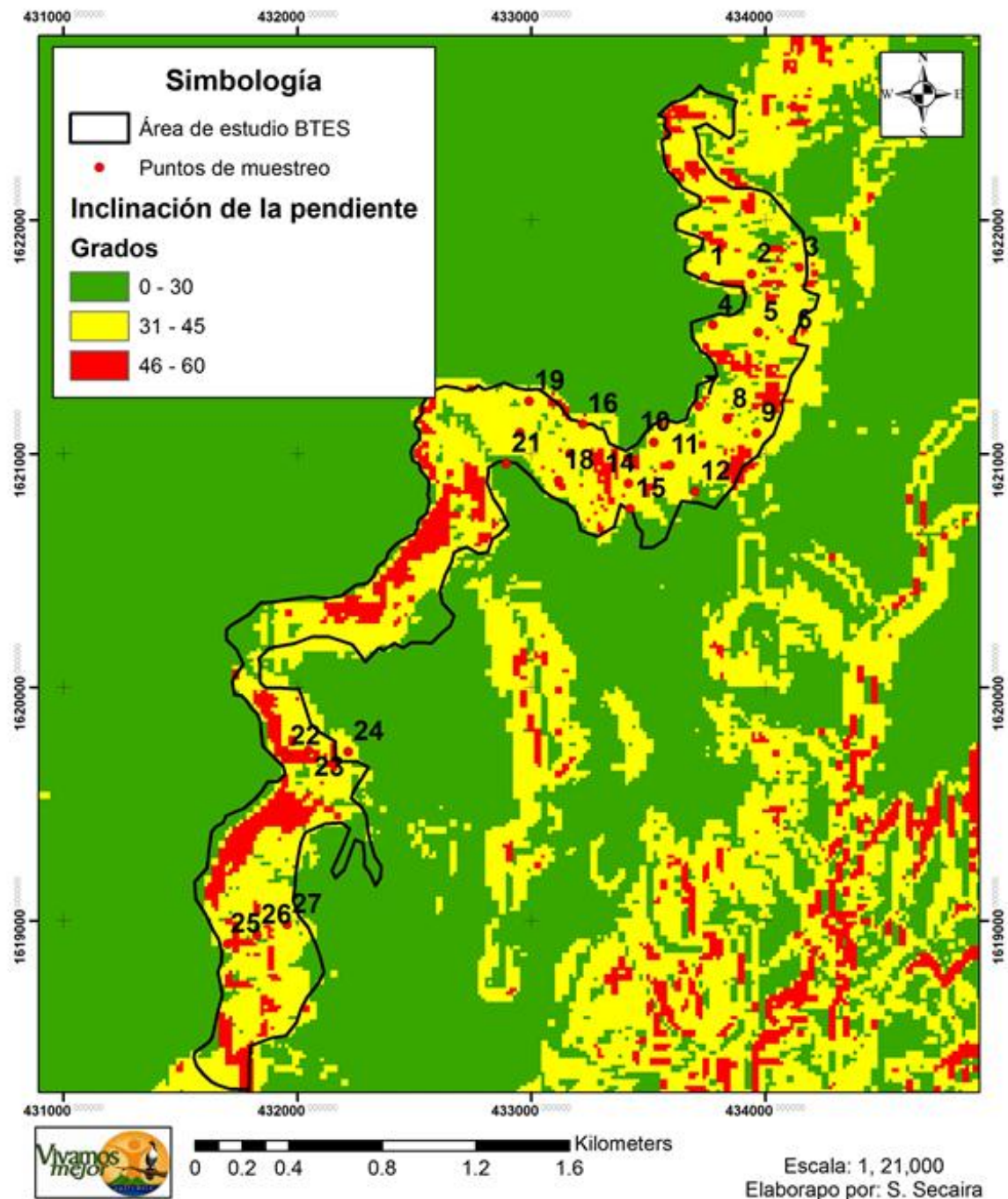
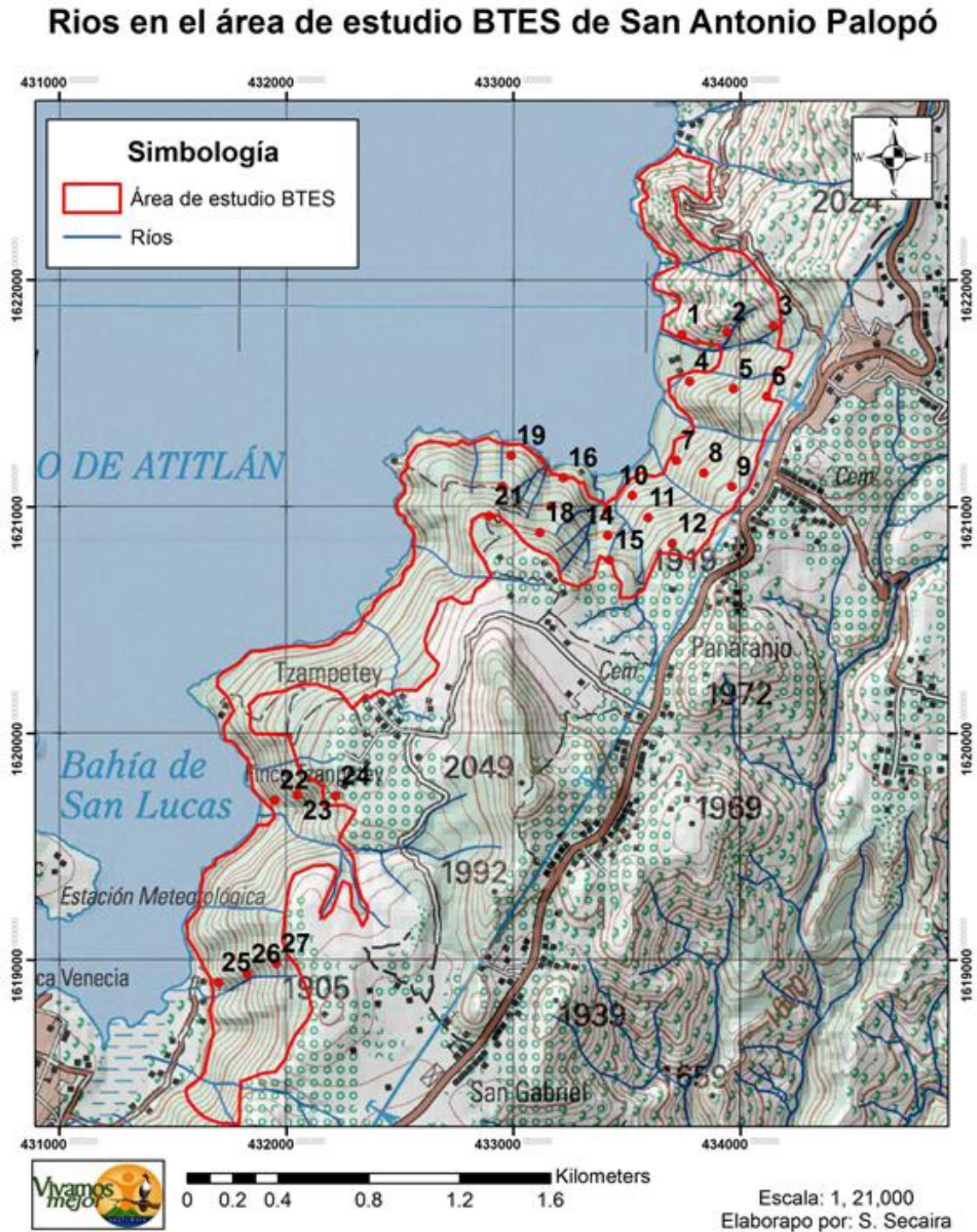


Figura 13: Puntos de muestreo en el parche de BTES de San Antonio Palopó para la comparación de la composición florística y sus ríos.



Cuadro 15. Especies registradas para el BTES de la cuenca del Lago de Atitlán por los diferentes estudios recopilados.

No.	Familia	Nombre científico	Dix et al. 2003	MacVean 2006	Alvarez 2007	Guerra 2010	Jimenez y Barillas 2011	S. Secaira 2014
1	Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i>					x	x
2	Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i>						x
3	Anacardiaceae	<i>Rhus schiedeana</i>		x				x
4	Anacardiaceae	<i>Rhus terebinthifolia</i>	x					x
5	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>					x	x
6	Anacardiaceae	<i>spondias purpurea</i>		x				x
7	Annonaceae	<i>Annona cherimola</i>						x
8	Apocynaceae	<i>Funastrum odoratum</i>					x	
9	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>	x	x			x	x
10	Apocynaceae	<i>Tonduzia longifolia</i>						x
11	Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>						x
12	Asclepiadaceae	<i>Gonolobus lasiostemma</i>						x
13	Asclepiadaceae	<i>Gonolobus incerianus</i>						x
14	Asparagaceae	<i>Agave sisalana</i>				x		
15	Asparagaceae	<i>Agave pachycentra</i>				x		x
16	Asparagaceae	<i>Furcraea guatemalensis</i>				x		x
17	Asparagaceae	<i>Yucca gigantea</i>						x
18	Asteraceae	<i>Lasianthaea fruticosa</i>						x
19	Asteraceae	<i>Sinclairia vagans</i>					x	
20	Asteraceae	<i>Perymenium sp</i>					x	
21	Asteraceae	<i>Verbesina pleistocephala</i>					x	
22	Asteraceae	<i>Verbesina scabriuscula</i>					x	
23	Basellaceae	<i>Boussingaultia ramosa</i>					x	
24	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i>						x
25	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>					x	

Continuación Cuadro 15.

No.	Familia	Nombre científico	Dix et al. 2003	MacVean 2006	Alvarez 2007	Guerra 2010	Jimenez y Barillas 2011	S. Secaira 2014
26	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>					x	x
27	Blechnaceae	<i>Blechnum appendiculatum</i>					x	
28	Boraginaceae	<i>Wigandia urens</i>					x	x
29	Bromeliaceae	<i>Greigia</i> sp					x	
30	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia heterophylla</i>	x				x	x
31	Bromeliaceae	<i>Tillandsia fasciculata</i>			x			
32	Bromeliaceae	<i>Tillandsia filifolia</i>					x	
33	Bromeliaceae	<i>Tillandsia fuchsii</i>			x			
34	Bromeliaceae	<i>Tillandsia guatemalensis</i>			x			x
35	Bromeliaceae	<i>Tillandsia ionantha</i>			x			
36	Bromeliaceae	<i>Tillandsia polita</i>					x	
37	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>			x			x
38	Bromeliaceae	<i>Tillandsia rodrigueziana</i>			x			x
39	Bromeliaceae	<i>Tillandsia schiedeana</i>			x			x
40	Bromeliaceae	<i>Tillandsia tectorum</i>					x	
41	Bromeliaceae	<i>Tillandsia vicentina</i>					x	
42	Bromeliaceae	<i>Tillandsia brachycaulos</i>			x			x
43	Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>			x		x	x
44	Burseraceae	<i>Bursera excelsa</i>					x	
45	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	x	x				x
46	Cactaceae	<i>Epiphyllum</i> sp						x
47	Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i>	x	x			x	x
48	Cactaceae	<i>Mammillaria columbiana</i>		x				x
49	Cactaceae	<i>Mammillaria karwinskiana</i>	x	x			x	x
50	Cactaceae	<i>Nopalea</i> sp	x	x			x	x
51	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>					x	x

Continuación Cuadro 15.

No.	Familia	Nombre científico	Dix <i>et al.</i> 2003	MacVean 2006	Alvarez 2007	Guerra 2010	Jimenez y Barillas 2011	S. Secaira 2014
52	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i>						x
53	Clusiaceae	<i>Clusia guatemalensis</i>						x
54	Commelinaceae	<i>Tradescantia velutina</i>					x	
55	Convolvulaceae	<i>Evolvulus alsinoides</i>					x	
56	Convolvulaceae	<i>Ipomoea cholulensis</i>					x	
57	Crassulaceae	<i>Bryophyllum pinnatum</i>					x	
58	Crassulaceae	<i>Echeveria sp</i>					x	
59	Crassulaceae	<i>Kalanchoe sp</i>					x	
60	Crassulaceae	<i>Sedum spp</i>					x	
61	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>					x	x
62	Ericaceae	<i>Vaccinium sp</i>						x
63	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>						x
64	Euphorbiaceae	<i>Adelia barbinervis</i>						x
65	Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus tubulosus</i>					x	x
66	Euphorbiaceae	<i>Croton sp</i>						x
67	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>					x	
68	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cotinifolia</i>						x
69	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia leucocephala</i>					x	x
70	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i>						x
71	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>					x	x
72	Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>					x	
73	Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i>					x	x
74	Fabaceae	<i>Chamaecrista flexuosa</i>					x	
75	Fabaceae	<i>Crotalaria longirostrata</i>					x	
76	Fabaceae	<i>Dalea citriodora</i>					x	
77	Fabaceae	<i>Desmodium cajanifolium</i>					x	
78	Fabaceae	<i>Desmodium nicaraguense</i>					x	

Continuación Cuadro 15.

No.	Familia	Nombre científico	Dix et al. 2003	MacVean 2006	Alvarez 2007	Guerra 2010	Jimenez y Barillas 2011	S. Secaira 2014
79	Fabaceae	<i>Diphysa americana</i>	x				x	x
80	Fabaceae	<i>Erythrina berteroana</i>					x	x
81	Fabaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i>						x
82	Fabaceae	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>					x	x
83	Fabaceae	<i>Inga vera</i>					x	x
84	Fabaceae	<i>Leucaena diversifolia</i>					x	x
85	Fabaceae	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>					x	x
86	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>						x
87	Fabaceae	<i>Teramnus uncinatus</i>					x	
88	Fabaceae	<i>Vigna peduncularis</i>					x	x
89	Fabaceae	<i>Zapoteca formosa</i>						x
90	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>					x	x
91	Fagaceae	<i>Quercus robur</i>						x
92	Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i>						x
93	Juglandaceae	<i>Juglans olanchana</i>						x
94	Lauraceae	<i>Persea americana</i>					x	x
95	Loranthaceae	<i>Struthanthus deppeanus</i>					x	
96	Malpighiaceae	<i>Banisteria argentea</i>					x	
97	Malpighiaceae	<i>Galphimia glauca</i>					x	
98	Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon pseudopuberum</i>						x
99	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	x	x			x	x
100	Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>					x	x
101	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>						x
102	Malvaceae	<i>Robinsonella cordata</i>						x
103	Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i>						x
104	Meliaceae	<i>Guarea</i> sp					x	
105	Moraceae	<i>Ficus aurea</i>					x	

Continuación Cuadro 15.

No.	Familia	Nombre científico	Dix et al. 2003	MacVean 2006	Alvarez 2007	Guerra 2010	Jimenez y Barillas 2011	S. Secaira 2014
106	Moraceae	<i>Ficus costaricana</i>					x	
107	Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>					x	
108	Myrtaceae	<i>Eucalyptus sideroxylon</i>					x	
109	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>					x	x
110	Onagraceae	<i>Hauya elegans subsp. cornuta</i>					x	x
111	Orchidaceae	<i>Cyrtopodium paniculatum</i>	x					x
112	Orchidaceae	<i>Govenia superba</i>						x
113	Orchidaceae	<i>Oncidium cavendishianum</i>					x	
114	Orchidaceae	<i>Ponthieva sp</i>						x
115	Orchidaceae	<i>Sobralia macrantha</i>						x
116	Papaveraceae	<i>Bocconia arborea</i>					x	x
117	Piperaceae	<i>Peperomia sp</i>					x	
118	Piperaceae	<i>Piper sp</i>						x
119	Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>					x	
120	Poaceae	<i>Orthoclada laxa</i>					x	
121	Poaceae	<i>Rhynchelytrum repens</i>						x
122	Poaceae	<i>Zeugites pittieri</i>					x	
123	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polypodioides</i>					x	
124	Polypodiaceae	<i>Polypodium angustum</i>					x	
125	Polypodiaceae	<i>Polypodium furfuraceum</i>					x	
126	Polypodiaceae	<i>Polypodium hispidulum</i>					x	
127	Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i>					x	
128	Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>					x	x
129	Pteridaceae	<i>Adiantum concinnum</i>					x	
130	Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i>					x	
131	Pteridaceae	<i>Astrolepis sinuata</i>					x	
132	Pteridaceae	<i>Bommeria pedata</i>					x	

Continuación Cuadro 15.

No.	Familia	Nombre científico	Dix et al. 2003	MacVean 2006	Alvarez 2007	Guerra 2010	Jimenez y Barillas 2011	S. Secaira 2014
133	Pteridaceae	<i>Cheilanthes brachypus</i>					x	
134	Pteridaceae	<i>Cheilanthes complanata</i>					x	
135	Pteridaceae	<i>Cheilanthes galeottii</i>					x	
136	Pteridaceae	<i>Cheilanthes kaulfussii</i>					x	
137	Pteridaceae	<i>Myriopteris myriophylla</i>					x	
138	Pteridaceae	<i>Pellaea ovata</i>					x	
139	Pteridaceae	<i>Pellaea sagittata</i>					x	
140	Pteridaceae	<i>Pellaea ternifolia</i>					x	
141	Punicaceae	<i>Punica granatum</i>						x
142	Rhamnaceae	<i>Gouania lupuloides</i>					x	
143	Rhamnaceae	<i>Karwinskia calderonii</i>					x	x
144	Rosaceae	<i>Prunus salasii</i>						x
145	Rubiaceae	<i>Chiococca phaenostemon</i>						x
146	Rubiaceae	<i>Rondeletia strigosa</i>					x	x
147	Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>						x
148	Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i>						x
149	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	x					x
150	Salicaceae	<i>Salix laevigata</i>	x					
151	Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i>	x					
152	Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i>					x	
153	Sapotaceae	<i>Pouteria mammosa</i>						x
154	Sapotaceae	<i>Sideroxylon tepicense</i>						x
155	Scrophulariaceae	<i>Buddleja americana</i>					x	
156	Selaginellaceae	<i>Selaginella pallescens</i>					x	
157	Selaginellaceae	<i>Selaginella steyermarkii</i>					x	
158	Solanaceae	<i>Capsicum ciliatum</i>						x
159	Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp					x	x

Continuación Cuadro 15.

No.	Familia	Nombre científico	Dix <i>et al.</i> 2003	MacVean 2006	Alvarez 2007	Guerra 2010	Jimenez y Barillas 2011	S. Secaira 2014
160	Solanaceae	<i>Solanum brevipedicellatum</i>					x	
161	Solanaceae	<i>Solanum atitlanum</i>					x	x
162	Urticaceae	<i>Phenax sp</i>						x
163	Verbenaceae	<i>Aegiphila pauciflora</i>						x
164	Verbenaceae	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>						x
165	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>						x

* Las filas marcadas con gris presentan las especies nuevas reportadas en este estudio.

Cuadro 16. Usos registrados para las especies asociadas al BTES de la cuenca del lago de Atitlán.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
1	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	mango	A	El fruto es comestible; como sombra; medicinal; como fuente de madera; para leña.
2	Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i> Kunth	copalillo, jocotillo	A	La semilla se reporta comestible.
3	Anacardiaceae	<i>Rhus terebinthifolia</i> Schlttd. & Cham.	sal de venado	A	Se reporta como medicinal.
4	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	pimienta del pero	A	Ornamental.
5	Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote	A	El fruto es comestible; para bebidas alcohólicas; cercos vivos; cenizas para elaboración de jabón; para consumo animal; como leña; medicinal; sombra de cultivos.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
6	Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Anona	A	Fruto comestible; semillas aplastadas para matar piojos.
7	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.	palo de la cruz	A	Exudado lechoso, corteza y hojas medicinal; Ornamental; las flores para decoración; la savia lechosa se utiliza como purgativa y eliminar parásitos intestinales.
8	Apocynaceae	<i>Tonduzia longifolia</i> (A.DC.) Markgr.	chilindrón	A	Semillas utilizadas para elaboración de artesanías.
9	Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	mano de león	A	Ornamental
10	Asclepiadaceae	<i>Gonolobus lasiostemma</i> (Hemsl.)Woodson		En	Fruto seco como cenicero.
11	Asclepiadaceae	<i>Gonolobus incerianus</i> W.D.Stevens & Montiel		En	Fruto seco como cenicero.
12	Asparagaceae	<i>Agave pachycentra</i> Trel.	maguey de roca	S	Para la elaboración del maguey.
13	Asparagaceae	<i>Furcraea guatemalensis</i> Trel.	maguey verde	S	Para la elaboración del maguey.
14	Asparagaceae	<i>Yucca gigantea</i> Lem.	izote	S	Utilizado como mojón.
15	Asteraceae	<i>Lasianthaea fruticosa</i> (L.) K.M.Becker	taxiscobo	A	Árbol melífero; cenizas utilizadas para mantener los dedos lisos mientras se hila.
16	Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	aliso	A	Como leña.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
17	Betulaceae	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K.Koch	duraznillo	A	Madera utilizada como mangos de herramientas; como leña; se reporta la corteza como agente de tinción.
18	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	timboque	A	Ornamental; diurético; como leña; para construcción.
19	Boraginaceae	<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	chocó	A	Los tallos se usan prender fogatas.
20	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia heterophylla</i> (Lindl.) Beer	gallo del diablo	Hi	Ornamental.
21	Bromeliaceae	<i>Tillandsia guatemalensis</i> L.B. Sm.	pie de gallo, bromelia	Ep	Vendida como ornamental en época navideña.
22	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.		Ep	Ornamental.
23	Bromeliaceae	<i>Tillandsia rodrigueziana</i> Mez.	gallito	Ep	Ornamental.
24	Bromeliaceae	<i>Tillandsia schiedeana</i> Steud.		Ep	Ornamental.
25	Bromeliaceae	<i>Tillandsia Brachycaulos</i> Schltldl.		Ep	Ornamental.
26	Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	barba de viejo, musgo, pataxte	Ep	Vendida como ornamental en época navideña; como relleno para almohadas y colchones.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
27	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	palo de jote, xaliché	A	Como postes de cerca; para manejo de bosque natural; como sombra en cultivos perennes; para control de erosión; ornamental; semillas pulverizadas para el dolor de estómago y reumatismo, contra úlceras; resina para elaboración de barniz e incienso; en carpintería en general; fabricación de papel.
28	Cactaceae	<i>Epiphyllum</i> sp.	pitaya	S	Ornamental.
29	Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	pitaya	S	El fruto es comestible; ornamental.
30	Cactaceae	<i>Mammillaria</i> <i>Columbiana</i> Salm- Dyck		S	Ornamental.
31	Cactaceae	<i>Mammillaria</i> <i>Karwinskiana</i> Mart.		S	Ornamental.
32	Cactaceae	<i>Nopalea</i> sp.	tuna	S	Fruto reportado como comestible.
33	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	capulín	A	Como leña; fabricación de cajones, revestimiento de interiores; pulpa para papel; fibras de la corteza se usan como cuerdas de amarre; las semillas y hojas cocidas se usan contra erupciones en la piel y forraje para ganado.
34	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	sapotillo	A	Como leña y madera para tablas de poco grosor.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
35	Clusiaceae	<i>Clusia Guatemalensis</i> Hemsl.	manzanita de ratón	A	Ocasionalmente como leña.
36	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.		En	Ornamental.
37	Cupressaceae	<i>Cupressus Lusitanica</i> Mill.	ciprés	A	Utilizada como leña; en carpintería; para manejo de bosque natural, en linderos, como cortinas de rompevientos; control de erosión; en plantaciones.
38	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan		Ar	Horcones de casas rústicas y como leña.
39	Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus Tubulosus</i> (Müll.Arg.) I.M.Johnst.	chichicaste de caballo	A	La hoja tierna de otras especies del género <i>Cnidoscolus</i> es comestible luego de hervirla por 5 minutos.
40	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia Cotinifolia</i> L.		A	Como poste vivo; importante fuente de miel; se reporta que el látex del árbol ha sido utilizado como veneno; como veneno para peces; ornamental; extracto de ramas usado para combatir la plaga de insectos coleópteros.
41	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia leucocephala</i> Lotsy	páscuas, flor de pascua	A	Ornamental; para medicina natural.
42	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia Pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	páscua	Hi	Ornamental.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
43	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	higuerillo	A	Las semillas son fuente de aceite para cabello, medicinal, lubricante, iluminación y jabón; se extrae tinte para ropa; la semillas molidas son utilizadas como fertilizante; las semillas son venenos por la presencia de la toxina ricina; las hojas remojadas con vinagre como cataplasma para aliviar el dolor de cabeza; el aceite mezclado con terpentina es utilizado a veces para remover tenias.
44	Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.	chalí	A	Ornamental.
45	Fabaceae	<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M.Sousa	guachipilín	A	Para carpintería; medicinal; como sombra de cultivos perennes; para cercas vivas, en plantaciones, fijador de nitrógeno, en huertos caseros; como cortinas rompevientos; remedio contra paludismo; ornamental.
46	Fabaceae	<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	palo de pito	A	Para postes de cerca, como leña; medicinal; como cortinas rompevientos; las flores son consumidas, la semilla tiene propiedades narcóticas; ornamental.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
47	Fabaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook		A	Medicinal; como sombra de cultivos perennes, en potreros y para cercas vivas; ornamental.
48	Fabaceae	<i>Eysenhardtia Adenostylis</i> Baill.	taray	A	La decocción del duramen se reporta como medicinal contra cálculos renales.
49	Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	cushín	A	Como leña; como sombra en cultivos perennes; como postes de cerca; para fijación de nitrógeno; en aserrío; para producción de miel; la pulpa que rodea la semilla es comestible; como sobra de café y en intercultivos.
50	Fabaceae	<i>Leucaena Diversifolia</i> (Schltdl.) Benth.	yaje, suj	A	Como leña.
51	Fabaceae	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm.	chaperno	A	Como leña; como postes de cercos; hojas tiernas son comidas por el ganado.
52	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i> Née	encino	A	Para aserrío; en construcción; como leña; para consumo animal; medicinal; para manejo de bosque natural.
53	Fagaceae	<i>Quercus tristis</i> Liebm.	encino	A	Como leña.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
54	Juglandaceae	<i>Juglans olanchana</i> Standl. & L.O.Williams		A	Utilizado en carpintería para construcción; en plantaciones; sombra de cultivos perennes; para elaboración de artesanías; semilla para consumo humano; en intercultivos; como colorante.
55	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	aguacate	A	Utilizada en carpintería; como leña; consumo animal; consumo humano; en artesanías; medicina; como sombra de cultivos perennes; intercultivos, en plantaciones; para control de erosión y en huertos.
56	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	ceibillo	A	Algodón utilizado como relleno; pelos sedosos utilizados como yesca para fuego; flores caídas son comidas por el ganado; en Yucatán el fruto tierno es cocinado y comido; las semillas son asadas y comidas.
57	Malvaceae	<i>Heliocarpus</i> <i>donnellsmithii</i> Rose	cajeto, calague	A	La fibra de la corteza es utilizada para elaboración de hamacas; la corteza es golpeada para elaboración de papel; la madera ligera utilizada como flotadores.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
58	Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i> C.DC.	cedrillo	A	Para la elaboración de muebles, marcos de puertas, ventanas y tablilla modulada; para gabinetes, moldes, instrumentos, carpintería, construcción de interiores, contrachapado decorativo, pulpa y papel.
59	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	guayaba	A	Para postes de cerca, como leña, consumo animal, consumo humano, medicinal, en potreros, en plantaciones, huertos caseros, como linderos y manejo de bosque natural.
60	Papaveraceae	<i>Bocconia arborea</i> S.Watson	pataxte	A	Ornamental; como tinte; remedio para dolor de dientes; como anestesia; madera utilizada para teñir cuero.
61	Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	gravilea	A	Como sombra de café
62	Punicaceae	<i>Punica granatum</i> L.	granadilla	A	El fruto es comestible.
63	Rhamnaceae	<i>Karwinskia</i> <i>Calderonii</i> Standl.	anonillo	A	En construcción; para construcción de muelles, postes de cercas; manejo de bosque natural; como leña; para curtir piel; para elaboración de instrumentos, artesanías; medicinal.

Continuación Cuadro 16.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito	Usos
64	Rosaceae	<i>Prunus salasii</i> Standl.	carreto	A	Sembrado con propósito ornamental.
65	Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave	matazano	A	Fruto comestible; el cocimiento de hojas, corteza y semilla se usa por vía oral para tratar cólico, convulsiones, fiebre, hipertensión, insomnio, nerviosismo, reumatismo, inflamación y enfermedades cardíacas; tópicamente el cocimiento de hojas se usa en baños para las quemaduras, delirio, asma y leucorrea.
66	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	sauce	A	Las ramas son utilizadas para la construcción de muebles débiles; en construcción, postes, cercas vivas, para evitar erosión.
67	Sapotaceae	<i>Pouteria mammosa</i> (L.) Cronquist	injerto	A	En aserrío; como leña; para elaboración de muebles, para consumo humano; medicinal, sombra de cultivos perennes, en intercultivos, en plantaciones y huertos.