

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA ARBÓREA
DEL BOSQUE PINO-ENCINO EN EL PARQUE ECOLÓGICO CHATÚN,
MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUIMULA, GUATEMALA**

POR:

MARVIN ANTONIO RIVERA GONZALES

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE 2012

**CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA ARBÓREA
DEL BOSQUE PINO-ENCINO EN EL PARQUE ECOLÓGICO CHATÚN,
MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUIMULA, GUATEMALA**

POR:

MARVIN ANTONIO RIVERA GONZALES

GERARDO JAIR LAGOS HERNÁNDEZ, M.Sc.

Asesor Principal (U.N.A.- Honduras)

AXEL GUILLERMO BORJA, ING.

Asesor Adjunto (Guatemala)

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE 2012

DEDICATORIA

Acto que dedico primeramente a **DIOS** por iluminarme y realizar lo que me eh propuesto.

A mi familia, a mis padres **Aura Gonzales** y **Marcelo Rivera** por su apoyo y con quienes eh compartido todos mis logros y mis intentos desafortunados, alentándome siempre para seguir adelante en los momentos difíciles.

A mis hermanas **Sonia Rivera** y **Duverling Gonzales** por formar parte de mi vida, por el apoyo que siempre me brindan y estar siempre en todo momento.

A mis amigos y compañeros que de una u otra manera contribuyeron en el transcurso de la carrera hasta culminarla.

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** todo poderoso que nos mantiene con bien en todo momento para salir adelante y a mi familia por el apoyo y confianza brindada, por ellos soy lo que soy ahora.

Al alma mater, nuestra Universidad Nacional de Agricultura, por la oportunidad que me brindo para formarme y seguir adelante. De igual manera al Ing. Gerardo Lagos mas que asesor y docente de este centro universitario, un buen amigo en quien confiar.

Al personal que labora en el Parque Ecológico Chatun, a Julio Salguero y Juan Carlos Castillo por su apoyo que me brindaron y la colaboración valiosa durante la estadía de la realización del presente estudio. Al Ing. Axel Borja por su tiempo dedicado y apoyo ofrecido para salir adelante con el trabajo de campo realizado durante el desarrollo del estudio.

También al Sr. Amadeo Palencia por valioso apoyo y lograr así la meta propuesta durante el tiempo que dura el trabajo de investigación. A mis amigos de la hermana Republica de Guatemala, por su apoyo amistoso y por los buenos momentos compartidos y experiencias vividas.

A mis amigos y compañeros de clases por las experiencias y buenos momentos compartidos. Al igual que los compañeros de la R-12 que de una u otra forma compartir experiencias.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	ix
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	xii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
III REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Ecosistemas forestales	4
3.1.2 Bosques de Pino-Encino	3
3.2 Identificación y características de los bosques.	4
3.3 Estructura, composición y diversidad florística.....	5
3.4 Diversidad Alfa.....	6
3.5 Diversidad Beta.....	8
3.6 Diversidad gamma	9
3.7 Índices de valor de estructural	10
3.8 Formas de evaluación	10
3.9 Tipos de muestreo	11
3.10 Parcelas de medición.	11
3.11 Identificación de especies arbóreas.....	13
IV MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Descripción del área de estudio.	14
4.2 Clima y vegetación	16
4.3 Materiales y Equipo.	16
4.4 Método.....	16
4.4.1 Determinación de las parcelas de muestreo.....	17
4.4.2 Determinación del tamaño de la muestra	18

4.4.3	Distribución de las parcelas en el área de trabajo.....	19
4.4.4	Medición de variables dentro de cada parcela.....	20
4.4.5	Especies presentes en el bosque de Pino-Encino	20
4.4.6	Determinación de la estructura del bosque Pino-Encino.....	21
4.4.7	Composición florística arbórea.....	21
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1	Identificación de especies florísticas arbóreas	23
5.2	Estructura y composición florística	24
5.3	Determinación de índices de valor estructural.....	26
5.4	Diversidad florística arbórea.....	29
VI	CONCLUSIONES	35
VII	RECOMENDACIONES	36
VIII	BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	41

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Categorías de medición de la cobertura vegetal.	18
Cuadro 2. Escala de interpretación del índice de Margalef para el bosque de Pino- Encino, Parque Ecológico Chatun, Guatemala.	30
Cuadro 3. Escala de interpretación del índice de Menhinick propuesto para el bosque de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun, Guatemala.	31
Cuadro 4. Índices de diversidad alfa aplicadas por parcelas en el bosque de Pino- Encino, Parque Ecológico Chatun.	33

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica del área de estudio Parque Ecológico Chatun, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula.....	14
Figura 2. Mapa de cobertura boscosa, área de estudio Parque Ecológico Chatun, Esquipulas, Chiquimula, Guatemala.....	15
Figura 3. Diseño espacial de la parcela con subparcelas anidadas para la medición de la cobertura vegetal.....	17
Figura 4. Distribución de las parcelas de medición en el área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	19
Figura 5. Numero de especies y de individuos en cada parcela de muestreo presente en el área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.....	23
Figura 6. Distribución vertical del componente arbóreo presente en el área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	24
Figura 7. Estructura horizontal de las especies de importancia forestal, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	25
Figura 8. Curva de rango-abundancia de la riqueza forestal/ha del bosque de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun.....	26
Figura 9. Índice de valor de importancia de la categoría fustal, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	27
Figura 10. Especies con índices de valor forestal en la categoría de fustal, Parque Ecológico Chatun.....	27
Figura 11. Especies con índice de valor de importancia de la categoría latizal, área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.....	28
Figura 12. Especies con índices de valor forestal en la categoría de latizal, área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.....	29

Figura 13. Riqueza específica entre parcelas según el índice de Margalef, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	29
Figura 14. Riqueza específica entre parcelas según el índice de Menhinick, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	30
Figura 15. Diversidad de especies entre parcelas según el índice de Shannon-Wiener, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.	31
Figura 16. Equitatividad de Shannon, entre parcelas de muestreo del área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	32
Figura 17. Diversidad de especies entre parcelas de muestreo según el índice de Simpson, área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	33
Figura 18. Coeficiente de similitud de Jaccard entre parcelas de muestreo, área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	34
Figura 19. Similitud de especies según el coeficiente de Sorensen, área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	34

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Mapa del área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.	42
Anexo 2. Coordenadas de las parcelas de medición establecidas en el área de estudio, Parque Ecológico Chatun.....	43
Anexo 3. Cuadro de corrección de pendientes	44
Anexo 4. Formulario de inventario forestal para fustal y latizal.....	45
Anexo 5. Formulario de inventario forestal para medición de brinzal.....	46
Anexo 6. Formula del Índice de valor de importancia.....	47
Anexo 7. Formula del Índice de valor forestal.....	48
Anexo 8. Formulas para calcular la riqueza específica de especies.....	49
Anexo 9. Formulas para calcular la diversidad de especies.	50
Anexo 10. Número de especies presentes en cada unidad de muestreo.	51
Anexo 11. Listado de especies presentes en el área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.	52
Anexo 12. Índices de valor de importancia para la categoría de fustal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	53
Anexo 13. Índices de valor forestal para la categoría de fustal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	53
Anexo 14. Índices de valor de importancia para la categoría de latizal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	54
Anexo 15. Índices de valor forestal para la categoría de latizal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.....	54
Anexo 16. Cálculos realizados para determinar el índice de Margalef, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	55
Anexo 17. Cálculos realizados para determinar el índice de Menhinick, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....	55

Anexo 18. Cálculos realizados para determinar el índice de Shannon-Wiener, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun. ...56

Anexo 19. Cálculos realizados para determinar el índice de Simpson, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.....57

LISTA DE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ACBPEM: Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica.

COOSAJO: Cooperativa de ahorro y crédito San José Obrero, R. L.

FAO: Organización Mundial para la Agricultura y la alimentación.

IARNA: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y agrícolas.

IVF: Índice de valor Forestal.

IVI: Índice de valor de importancia.

TNC: The Nature Conservancy.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

RIVERA GONZALES, M. A. 2012. Caracterización de la diversidad florística arbórea del bosque pino-encino en el Parque Ecológico Chatun, Municipio de Esquipulas, Chiquimula, Guatemala. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 67 p.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el bosque de Pino-Encino del Parque Ecológico Chatun localizado en Esquipulas, Chiquimula, Guatemala. El propósito fue realizar una caracterización de la estructura, composición y diversidad florística arbórea. El método aplicado fue mediante el inventario forestal sistemático a una intensidad de muestreo del 5%, dentro del área comprendida de 14.57 ha se lograron establecer 13 parcelas de muestreo, que de acuerdo a la metodología de Louman *et al* (2001), se establecieron parcelas anidadas de 20 m x 20 m para fustales, de 10 m x 10 m para latizales y de 5 m x 5 m para brinzales. Se identificaron 15 especies en el área muestreada del bosque de Pino-Encino, con un total de 176 individuos. Con la información obtenida se determinó la estructura vertical y horizontal, el índice de valor estructural y la diversidad florística mediante los índices de diversidad Alfa; Margalef y Menhinick propuestos para evaluar la riqueza específica de especies, los índices de Shannon-Wiener y Simpson para la diversidad de especies, para la diversidad Beta utilizando los coeficientes de similitud de Jaccard y de Sorensen. En lo que corresponde a la estructura vertical la mayoría de los árboles se encuentra en un estrato inferior al igual que el estrato horizontal del bosque, determinando así como un bosque joven, con diversidad media distribuyéndose poca abundancia de las especies y presentando mayor representatividad de los individuos de las especies de *Q. oleoide*, *P. oocarpa* y *B. crassifolia*, de terminando una media diversidad al presentarse poca abundancia y baja riqueza específica.

Palabras claves: Diversidad florística, estructura y composición, IVI.

I INTRODUCCIÓN

En el mundo, los bosques de pino-encino se localizan en Mesoamérica, distribuidos desde el sur de México hasta el norte de Nicaragua y dada su importancia ecológica se le denomina la ecorregión de bosque de pino-encino. La típica composición del bosque de pino-encino esta dominada por las especies *Pinus spp* y *Quercus spp* y en poblaciones mínimas es posible encontrar especies como *Liquidámbar styraciflua* (Liquidámbar) y *Alnus spp* (Aliso) entre otras (Torres 2010). Considerando la generación de bienes y servicios ecosistémicos y la importante diversidad de fauna residente y migratoria que depende del bosque pino-encino regionalmente se desarrolla la estrategia “Incorporando los Bosques de Pino-Encino a la Conservación de la Biodiversidad” con financiamiento de The Nature Conservancy (TNC), estableciéndose proyectos nacionales en los países incluidos en esta ecorregión (ACBPEM 2008).

Entre las diferentes iniciativas regionales de conservación existe una declaratoria trinacional que incluye las regiones fronterizas de las republicas de Guatemala, El Salvador y Honduras conocida como proyecto TRIFINIO. En el municipio de Esquipulas, Chiquimula, Guatemala a partir del año 2000 se organizo la Cooperativa de ahorro y crédito San José Obrero, R. L. (COOSAJO) cuya principal misión es la conservación y educación ambiental local. Con esta finalidad y en el área de influencia de proyecto TRIFINIO, correspondiente a Guatemala la COOSAJO delimito un área de 29.35 has de bosque pino-encino identificada como parque Ecológico Chatun (en lengua chortí significa lugar de piedra). En este contexto se desarrollo la presente investigación con la finalidad de generar información básica de la diversidad florística del bosque pino-encino del parque ecológico Chatun que sirva de línea base para la planificación de actividades de conservación y educación ambiental desarrollada por la COOSAJO.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Caracterizar la diversidad florística arbórea del bosque de Pino-Encino del Parque Ecológico Chatun, Esquipulas, Guatemala.

2.2 Objetivos específicos

Determinar el estado de la estructura y composición florística arbórea del bosque de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun.

Identificar las especies de importancia forestal que se encuentran en el Parque Ecológico Chatun.

Determinar el rango abundancia de la flora arbórea del bosque Pino-encino, Parque Ecológico Chatun.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Bosques de Pino-Encino

En términos ecológicos, la ecorregión Mesoamericana de Pino-Encino es considerada una de las zonas más ricas en el mundo en diversidad de coníferas y encinos (*Quercus spp.*). Evidencia de lo anterior, es la zona entre Chiapas y Guatemala, en donde existe la mayor cantidad de especies de coníferas por área comparado con cualquier otro lugar en el mundo de similar superficie, en consecuencia presenta alta hibridación y es actualmente, centro de especiación y evolución de pinos. Los bosques de Pino-Encino presentan por definición, una dominancia en el estrato arbóreo de especies de los géneros *Pinus spp* y *Quercus spp*. Sin embargo, ello no implica una diversidad florística biológica baja. Estudios recientes indican que existen variaciones en el número y distribución de la diversidad biológica de especies de pinos y encinos de acuerdo a dos variables: el estrato sucesional y la distribución altitudinal (ACBPEM 2008).

Guatemala posee un área de cobertura arbórea de 49,466 km² (45.32%) del territorio nacional. De este total el 25.97% (28,346 km²) es bosque latifoliado, 2.08% (2,271.8 km²) de bosque de conífera, 7.5% (8,190.8 km²) de bosque de Pino-Encino (bosque mixto), 0.16% (177.26 km²) de bosque manglar y el resto de bosques secundarios, principalmente de especies latifoliadas. El bosque mixto está constituido por especies de coníferas y latifoliadas templadas, predominando los géneros *Pinus spp.* (Familia de las Coníferas) y *Quercus spp.* (Familia Fagaceae); sin embargo hay algunas especies de la familia Betulaceae (*Ostrya spp.* y *Alnus spp.*), Hamamelidaceae (*Liquidambar styraciflua*) y otros géneros de la familia Lauraceae (*Ocotea spp.*, *Nectandra spp.*, *Persea spp.*), entre otras. Aunque algunos autores afirman que estos bosques son estados transicionales de otros en el proceso de sucesión ecológica (IARNA-URL 2003).

3.1.1 Ecosistemas forestales

Las comunidades de encino, en sus asociaciones propias y con otras especies, han sido sólo en ciertas regiones del continente americano objeto de investigación desde el punto de vista ecológico forestal. La parte de estructura se define como el ordenamiento específico de elementos dentro de un sistema. De igual manera menciona que una estructura arbórea se refiere a la distribución de las características individuales dentro de un área forestal. La estructura de un ecosistema se define básicamente por el tipo, número, ordenamiento espacial y ordenamiento temporal de los elementos que lo constituyen. Tres elementos importantes que se pueden considerar para definir los atributos estructurales de una comunidad vegetal, los cuales son; la diversidad de especies, la distribución espacial y la diferenciación dimensional, los cuales son importantes en la planeación del manejo de bosques mixtos (Torres 2010).

3.2 Identificación y características de los bosques

La identificación, caracterización y entendimiento de las comunidades o tipos de bosque; es base para el manejo y conservación de la diversidad (Murrieta 2006); sin embargo, a pesar de que existen muchos estudios y décadas de investigación con el fin de identificar y delimitar tipos de bosques en el neotrópico, el conocimiento que aún se tiene sigue siendo limitado y se necesitan más esfuerzos en tal sentido (Berry 2002). El concepto de comunidad se define como un grupo de poblaciones de especies en el mismo tiempo y espacio (Begon *et al.* 1996). A su vez, una población es un conjunto de individuos de la misma especie. Según Finegan *et al.* (2001), la mayoría de estudios de diversidad se basan en el estudio de especies, pero se ha incrementado y enfatizado el estudio a nivel de comunidad.

La caracterización de los tipos de bosques, surge como etapa en la evaluación de la biodiversidad a escala de ecosistemas y requiere una clasificación de las comunidades vegetales. Una vez que los tipos de bosques han sido clasificados a partir de una

supervisión de imágenes o fotografías aéreas utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), es posible estimar aproximadamente su distribución a nivel regional. Reconocer e interpretar la distribución espacial de los bosques es fundamental para conservar su gran diversidad. A partir de ciertos tipos de análisis es posible determinar la caracterización de los tipos de bosques. La selección de determinado análisis dependerá del objetivo del estudio (Murrieta 2006).

3.3 Estructura, composición y diversidad florística

La estructura, composición y diversidad arbórea son características frecuentes y útiles, usadas para describir y comparar tipos de bosques, a través de la evaluación de estas características se puede conocer el estado de distribución actual, así como información base para entender relaciones y modelar cambios a futuro de tipos de bosques a escala de paisaje. Lo anterior, con el fin de obtener herramientas sobre su conservación y manejo (Matteucci y Colma 1982, Finegan *et al.* 2001, Louman *et al.* 2001 y Moreno 2001). En el estudio de la estructura florística hay que reconocer sus dos componentes; estructura vertical y horizontal, la estructura vertical, se relaciona con la distribución de organismos a lo alto de su perfil y la estructura horizontal mide el número de individuos, área basal y sus distribuciones por clase diamétrica, en base al diámetro a la altura del pecho (DAP) (Louman *et al.* 2001).

La composición de un bosque, se define a través de la identificación de familias, géneros y especies presentes (Moreno 2001). Casi todos los trabajos de composición florística, se centran en árboles, pues éstos, además de constituir la mayor parte de la biomasa del bosque, determinan en gran parte su estructura y funcionamiento (Berry 2002). De acuerdo con Halffter *et al.* (2001) la diversidad se explica de tres formas alfa, beta y gamma.

3.4 Diversidad Alfa

La diversidad alfa medida únicamente como el número de especies de una comunidad (riqueza específica) es la forma más sencilla de evaluar la diversidad puntual y provee información suficiente sobre la expresión de procesos ecológicos e históricos, por lo que esta medida es consistente con los objetivos de esta estrategia. La desventaja de utilizar la riqueza específica como medida de biodiversidad es que el número de especies depende del tamaño de la muestra, es decir, al aumentar el esfuerzo de muestreo, es probable que se detecte un mayor número de especies, por lo que muestras de diferente tamaño no son comparables (Halffter *et al.* 2001).

3.4.1 Índices para determinar la diversidad alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades o diversidad alfa. Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos:

- a) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica).
- b) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.).

Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad (Moreno 2001). Generalmente en las evaluaciones biológicas se usan índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies, la estimación se realiza a

través de diferentes índices, los más usados son el de Shannon- Wiener, el de Simpson, y Margalef (Orellana 2009).

- a) **Índice de diversidad de Shannon-Wiener:** Para utilizar este índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra. El índice de Shannon-Wiener se puede calcular ya sea con el logaritmo natural (Ln) o con el logaritmo con base 10 (Log10), pero, al momento de interpretar y escribir los informes, es importante recordar y especificar el tipo de logaritmo utilizado (Mostacedo y Fredericksen 2000).

- b) **Índice de Equidad:** Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno 2001).

- c) **Índice de Simpson:** El índice de dominancia de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Por ello el Índice de Simpson se presenta habitualmente como una medida de la dominancia. Por tanto, el índice de Simpson sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies. Entonces entre mas aumente el valor a uno, la diversidad disminuye (Orellana 2009).

- d) **Índice de Margalef:** Fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef en 1995, y es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. La expresión de este índice, es valores inferiores a 2.0 son

considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénico) y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta diversidad (Moreno 2001).

- e) **Índice de Menhinick:** Al igual que el índice de Margalef, se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de muestra (Moreno 2001).

3.5 Diversidad Beta

A diferencia de las diversidades alfa y gamma, que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta está basada en proporciones (Magurran 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos como ser la presencia-ausencia de especies o cuantitativos tales como la abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc., o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran 1988).

3.5.1 Índices para determinar la diversidad beta.

El grado de recambio de especies (diversidad beta), ha sido evaluado principalmente teniendo en cuenta proporciones o diferencias. Las proporciones pueden evaluarse con ayuda de índices, así como de coeficientes que nos indican qué tan similares o disímiles son dos comunidades o muestras. Muchas de estas similitudes y diferencias también se pueden expresar o visualizar por medio de distancias. Estas similitudes o diferencias pueden ser tanto de índole cualitativa como también de carácter cuantitativo. En método cualitativo se utilizan índices como es el coeficiente de similitud de Jaccard y el índice de Sorensen (Villarreal *et al.* 2004). A continuación se presentan los índices utilizados:

- a) **Coefficiente de similitud (Jaccard):** Este coeficiente tiene que ser calculado para cada parcela, advierte que se toma las parcelas más similares o desiguales. Para calcular el coeficiente de dos sitios, se necesita el número de especies que existe en cada lugar donde están en ambos sitios, aunque dichas especies deben existir en las dos parcelas (Lamprecht 1990). Este coeficiente tiene como objetivo comparar las parcelas para determinar el número de especies comunes en ambas parcelas; cuando se hace una comparación de las parcelas se obtienen ciertos porcentajes que indican la similitud, mientras menor sea el resultado, menor será la similitud florística entre las parcelas comparadas y viceversa (Moreno 2001).
- b) **Índice de Sorensen:** Al igual que el coeficiente de similitud de Jaccard expresan la semejanza entre dos muestras sólo considerando la composición de especies. Relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios (Villarreal *et al.* 2004).

3.6 Diversidad gamma

Halffter *et al.* (2001) Pone la formulación de planes de manejo con base científica adecuada, la mayoría de los esfuerzos realizados para medir la biodiversidad en áreas que incluyen más de un tipo de hábitat, se limitan a presentar listas de especies de sitios puntuales (diversidad alfa), describiendo la diversidad regional (gamma) únicamente en términos de números de especies, o bien con cualquier otra medida de diversidad alfa. Algunos estudios llegan a hacer comparaciones entre los sitios (diversidad beta), pero no conjuntan esta información en una medida de la biodiversidad basada tanto en alfa como en beta. Esto hace muy difícil estimar con precisión hasta que punto la riqueza global de un paisaje se debe a que posea un tipo de comunidad (inclusive una sola comunidad) muy rica en especies, o por el contrario a un fuerte número de especies distintas en diferentes comunidades (alta complementariedad).

3.7 Índices de valor de estructural

a) Índice de valor de importancia (IVI)

El IVI fue ideado por Curtis y McIndos 1951 y según Lamprecht (1990), refleja el peso ecológico de las especies en el bosque. Se usa para comparar diferentes comunidades en base a las especies que obtienen los valores más altos y que se consideran en particular. La obtención de índices de valor de importancia similares para las especies indicadoras, sugieren la igualdad o por lo menos la semejanza del rodal en su composición en sus estructuras, en lo referente al sitio y a la dinámica (Lamprecht 1990).

b) Índice de valor forestal (IVF)

El IVF fue desarrollado por Corella *et al.* (2001). Este índice se calcula con el propósito de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación presente en una área determinada, considerando tres medidas la primera se realiza a nivel del estado inferior en el plano horizontal (diámetro a la altura del pecho) de cada especie presente, la segunda medida que incluye los estratos inferior y superior en el plano vertical, (la altura de cada una de las especies presentes), la tercer medida corresponde el estrato superior en el plano horizontal (cobertura de copa).

3.8 Formas de evaluación

Según Klein (2000), la evaluación forestal puede ser clasificada de acuerdo a los siguientes criterios en primer lugar se encuentra la evaluación **directa** está basada en mediciones que se obtienen de forma inmediata al tomar mediciones o hacer conteos sobre el recurso que nos interesa. Por ejemplo: cuando empleamos una forcípula para determinar el diámetro de un árbol, estamos haciendo una evaluación directa porque el dato obtenido expresa inmediatamente el diámetro del árbol y también se identifica la evaluación **indirecta** se basa en mediciones que nos permiten inferir los datos del recurso de una manera menos

inmediata. Tendremos primero que efectuar cálculos con estos datos para obtener entonces lo que nos interesa sobre el recurso. Por ejemplo: cuando empleamos una fotografía aérea o una imagen satelital para evaluar un recurso forestal como puede ser el bosque, obtendremos datos que nos permitirán conocer o evaluar la condición del recurso indirectamente.

3.9 Tipos de muestreo

De acuerdo con la FAO (2000), existen diferentes tipos de muestreo que son sencillos de utilizar, en la mayoría de los estudios realizados utilizan lo que es el **muestreo sistemático** que consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio. Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. Sin embargo, no se puede tener una estimación exacta de la precisión de la media de la variable considerada. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Este tipo de muestreo, a diferencia del muestreo aleatorio, se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio y la aplicación del diseño es más rápida. (Mostacedo y Fredericksen 2000).

3.10 Parcelas de medición.

Para el establecimiento de las unidades de muestreo en campo, se han adoptado formas geométricas convencionales como cuadrados, rectángulos y circunferencias, las cuales pueden ser fácilmente implementadas con base en levantamientos topográficos de tipo planimétrico. Sin embargo, la consideración más importante a tener en cuenta es el efecto de borde que se pueda generar sobre la parcela, por lo tanto es más conveniente seleccionar formas con menor relación perímetro por superficie (Melo y Vargas 2002). Las cuales pueden ser de la siguiente forma:

- a) **Parcelas rectangulares:** Es una de las parcelas más utilizadas en los diferentes tipos de estudios de vegetación, corresponde a los transeptos que son parcelas rectangulares, en las cuales se facilita la evaluación de variables, caminando en línea recta, sin necesidad de hacer grandes desplazamientos laterales. Igualmente, el impacto dentro de la parcela se puede disminuir considerablemente, puesto que parte de la información se puede recolectar desde el exterior de la unidad (Melo y Vargas 2002).
- b) **Parcelas permanentes de monitoreo cuadrado:** Para el establecimiento de una parcela permanente de monitoreo cuadrado, se parte de un alineamiento principal cuyo rumbo ha sido determinado previamente, se generan puntos de abscisado cada 10 m, en donde se ubican tubos de **PVC** (color blanco) con un diámetro de $\frac{3}{4}$ pulg. y de 50 cm de longitud, de los cuales se anclan 20 cm. Una vez terminado el establecimiento de la línea principal, desde el punto de origen, se traza un nuevo alineamiento de 100 m de longitud perpendicular a éste y que se establece bajo las mismas condiciones descritas anteriormente. De esta manera, se obtienen dos líneas base, perpendiculares entre si y unidas por uno de sus extremos. A partir del punto de origen, se comienza a cerrar la parcela construyendo las unidades de registro (10 x 10 m) para cada uno de los transeptos. (Melo y Vargas 2002).
- c) **Parcelas circulares:** Este diseño solo puede ser empleado bajo condiciones topográficas con pendientes bajas. El tamaño de la parcela que es descrito por el radio, es relativamente pequeño. Sin embargo, la facilidad para su establecimiento, la convierten en una parcela muy utilizada en inventarios forestales a nivel de plantaciones homogéneas. También son frecuentemente utilizadas, cuando se desarrollan trabajos de auto ecología de especies como la evaluación de la estructura del hábitat, en los cuales se emplean unidades circulares centradas por un individuo o árbol focal de la especie de interés (Melo y Vargas 2002).

d) Parcelas con subparcelas anidadas: Esta es una metodología realizada por Louman (2001), donde cada parcela se divide en 3 subparcelas anidadas, donde cada subparcela pertenece a una categoría de vegetación diferente. Se recomienda utilizar la parcela de 10 x 10 m para el muestreo de los individuos con diámetros mayores o iguales a 10 cm para categoría de fustal y sugerido, de 5 x 5 m para la categoría de latizal y subparcelas de 2 x 2 m para el muestreo de los brinzal, dentro de la parcela de muestreo.

3.11 Identificación de especies arbóreas

La identificación de especies arbóreas, demanda de la colecta de las muestras para ser identificadas a través de la consulta con personal de campo que conoce las especies y también del apoyado en la literatura y la visita a herbarios (Castañeda 2004).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio.

La investigación se desarrollo en el Parque ecológico Chatun, ubicado en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, en la Región III de la República de Guatemala, esta región corresponde al área de influencia de la comisión Trinacional del Plan Trifinio, lugar donde convergen las Fronteras de las Republicas de Guatemala, El Salvador y Honduras (Figura 1). Geográficamente se encuentra situado bajo las coordenadas cartográficas latitud Norte $14^{\circ} 33' 48''$ y longitud Oeste $89^{\circ} 21' 06''$, su altitud oscila entre los 600 - 2,500 msnm en las montañas más altas. (Plan de desarrollo 2010).



Figura 1. Localización geográfica del área de estudio Parque Ecológico Chatun, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula.

El Parque Ecológico Chatun (PEC) se encuentra a 3 km de la Basílica mejor conocida como la del Cristo Negro, hacia la carretera que conduce a la República de Honduras. El PEC fue creado en el año 2000 con el propósito de recreación a los asociados de la cooperativa que maneja el parque, donde se extendió para la conservación y educación ambiental, el cual cuenta con una extensión territorial de 29.35 ha dentro de la cual se encuentra una plantación de bambú y representación de las siete especies de bambú que existe en esta zona, dentro de esta extensión se encuentra una parte de 14.57 ha correspondieron al área de investigación, esta área es la parte menos intervenida de vocación forestal específicamente bosque Pino-Encino (Figura 2 y Anexo 1), el cual atravesado por río Atulapa.



Figura 2. Mapa de cobertura boscosa, área de estudio Parque Ecológico Chatun, Esquipulas, Chiquimula, Guatemala.

4.2 Clima y vegetación

Presenta medias máximas entre 27-28 °C, medias mínimas entre 13-14 °C. en la época seca (verano, noviembre a abril), las lluvias son esporádicas, esperadas en la época de Semana Santa, mientras que la gran mayoría de precipitación pluvial ocurre en época lluviosa (invierno, de mayo a octubre), cuyas precipitaciones ocurren en por lo menos 120 días, acumulando entre 1,600 mm a 2,000 mm. En lo que corresponde a la vegetación al departamento de Chiquimula, Guatemala, se le atribuye poseer 5 zonas de vida y de estas, 2 son las zonas de vida donde hoy se asienta el municipio de Esquipulas, desde sus valles hasta las montañas. Las cuales son: Bosque muy húmedo subtropical frío y Bosque muy húmedo montano bajo (Plan de desarrollo 2010).

4.3 Materiales y Equipo.

Para el desarrollo del presente estudio se necesitó: un Sistema de Geoposicionamiento (GPS), imagen satelital, computadora, brújula, cinta métrica, cinta diamétrica, hipsómetro, clinómetro, spray (dos colores: rojo y azul), estacas de madera, libros dendrológicos, libreta de apuntes, formularios de inventario forestal, cámara fotográfica y lápiz.

4.4 Método

La información de campo se generó, a través de georreferenciación del área, para determinar el área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun, siendo esta de 14.57 ha. Posteriormente se ubicaron las unidades de estudio dentro de las cuales se tomaron los datos de variables directas como ser el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, diámetro de copa de cada una de las especies presentes, luego de efectuadas las mediciones de estas variables, se procedió a generar una base de datos, ingresando todos los datos a Microsoft office Excel, desde el cual se obtuvieron los análisis.

4.4.1 Determinación de las parcelas de muestreo.

Se utilizó el inventario por muestreo sistemático, dado que permite la ubicación fácil de todas las unidades, distribuidas de acuerdo a un patrón regular, de tal manera que elegida la primera parcela de muestreo, las demás automáticamente están determinadas y distribuidas. El modelo sistemático de mayor uso es la línea; por lo tanto se determinan líneas de muestreo separadas a la misma distancia y sobre las mismas se determinan las parcelas a la misma distancia. Las parcelas utilizadas fueron cuadradas de tamaño fijo, cuya unidad de muestreo o parcela fue de 400 m^2 ($20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$) de acuerdo con el grado de precisión el inventario fue a nivel detallado, pues el error de muestreo utilizado fue de 5%. Siguiendo la metodología de Louman *et al.* (2001), cada parcela establecida se subdividió en tres subparcelas anidadas (Figura 3).

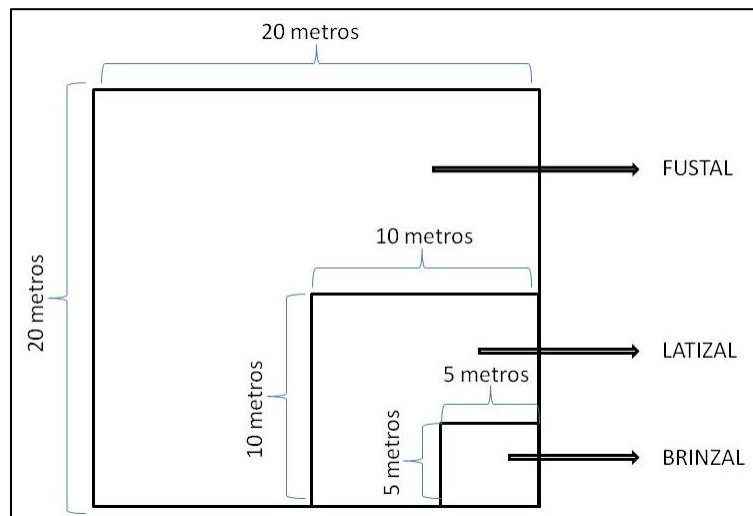


Figura 3. Diseño espacial de la parcela con subparcelas anidadas para la medición de la cobertura vegetal.

La primera parcela establecida se delimitó de $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ (400 m^2), en donde se identificaron, contaron, y midieron las especies arbóreas mayores o iguales a 10 cm de DAP, seguidamente se delimitó la parcela de $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ (100 m^2) de igual forma se identificaron, contaron, y midieron las especies arbóreas que se encontraba entre 5.0 cm a 9.9 cm de DAP. Finalmente se delimitó la parcela de $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ (25 m^2), en esta solamente

se identificaron y cuantificaron las especies arbóreas que presentaron un DAP menor o igual a 4.9 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías de medición de la cobertura vegetal.

Categoría vegetal	Dimensión	Lados	Área de la parcela
Fustal	DAP de 10 a 49.9 cm	20 m	400 m ² (0.04 ha.)
Latizal	DAP de 5 a 9.9 cm	10 m	100 m ² (0.01 ha.)
Brinzal	DAP < a 4.9 cm	5 m	25 m ² (0.0025 ha.)

Fuente: Ávila (2008).

Para facilitar la identificación de cada una de las parcelas establecidas se colocó una estaca pintada en cada una de las esquinas de cada parcela en la primera parcela de 20 m x 20 m se utilizó estacas con marcas de color rojo, para la subparcela que corresponde a la de 10 m x 10 m se utilizaron estacas que tenían marcas de color azul y en el caso de la subparcela de 5 m x 5 m se utilizó la estaca sin pintar.

4.4.2 Determinación del tamaño de la muestra

Seguidamente después de haber determinado el tamaño de la parcela (T_p), se procedió a determinar el tamaño de la muestra (T_m) que consiste en el número de parcelas (n) o área muestreada (A_m), que se establecieron en el área de estudio que correspondió a 14.57 ha, para lo cual se determinó con la fórmula siguiente (Ferreira 2005): $T_m = A_m = n \times T_p$, para el desarrollo de esta fórmula se realizó previamente, el método de la intensidad de muestreo, ya que permite la habilidad, de capturar la variabilidad del parámetro de la masa boscosa que se requiere conocer (Ferreira 2005). Para el presente estudio se utilizó una intensidad de muestreo (I) de 5% (0.05) por ser una área pequeña de 14.57 ha y en la cual se determinó realizar parcelas de 400 m². Al no conocerse el área muestreada (A_m) o tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula: $I = A_m / AT$. Dado que no se conocía el área muestreada (A_m) y se tenía solo el área total (AT) se despejó la fórmula quedando

de la siguiente manera: $Am = I \times AT$. Al momento del desarrollo de esta fórmula se obtuvo un área de 7,285 m², ya cuando se adquirió de esa información se realizó al desarrollo de la siguiente fórmula: $Am = n \times Tp$, obteniendo un valor de 18 parcelas a establecer en el área boscosa de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun.

4.4.3 Distribución de las parcelas en el área de trabajo

Aplicando un muestreo sistemático con el modelo de líneas, ya que con este muestreo se determino la primera al azar, seguidamente se determinaron las demás, cada una de manera equidistante y separada a igual distancia entre cada una de las parcelas, lo cual para el presente estudio se tomo una distancia de 50 metros entre parcelas (B). Cada línea establecida se tomo el rumbo hacia el Sur la cual se calculo con la siguiente fórmula: $L = Tp / (B \times I)$. En la distribución rectangular establecida en el área de estudio y al aplicar la fórmula anterior se obtuvo que la separación entre líneas fue de 160 metros y las parcelas separadas a una distancia de 50 metros (Figura 4), las cuales ubicadas con rumbo hacia el sur y ubicación con el GPS se las coordenadas donde se estableció cada una de las parcelas de medición (Anexo 2).

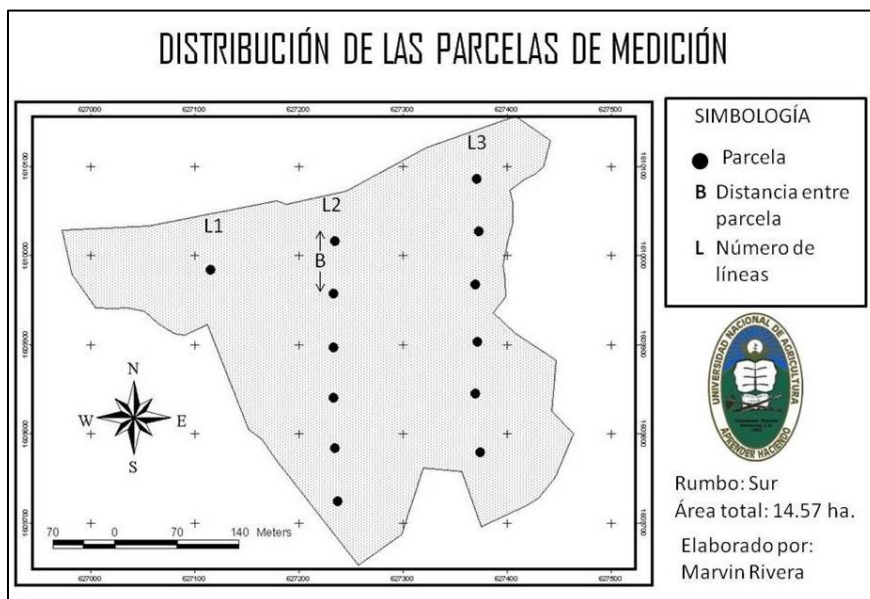


Figura 4. Distribución de las parcelas de medición en el área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

4.4.4 Medición de variables dentro de cada parcela.

- a) La categoría fustal se tomo la variable de altura total (h) en metros, DAP mayores de 10 cm y también se tomo en cuenta el ancho de copa de cada especie encontrada la cual se midió en metros. Para realizar el establecimiento de esta parcela se tomo corrección de pendiente (Anexo 3). Esta medición se realizo únicamente a las especies que se encontraron dentro de la parcela de 20 m x 20 m (400 m²), anotando esta información (Anexo 4).
- b) La categoría latizal, las especies encontradas dentro de la subparcela de 10 m x 10 m (100 m²), se midió la altura en metros y el diámetro de las especies con un rango de 5 cm a 9.9 cm de DAP.
- c) La categoría de brinzal, solo se cuantifico e identifico las especies que estaban presentes en esta subparcela de 5 m x 5 m (25 m²), que presentaron un DAP menores de 4.9 cm y también se considero la altura de estas especies (Anexo 5).

4.4.5 Especies presentes en el bosque de Pino-Encino

Todas las especies que se encontraron en cada una de las parcelas de medición fueron identificadas con personas que laboran dentro del Parque Ecológico Chatun, también se conto con ayuda de manuales dendrológicos que fueron facilitados por el personal que labora en el parque, de la información obtenida de la identificación de especies se elaboro un pequeño manual donde se describe cada una de las especies encontradas durante las visitas de campo, donde se hace mención solo las mas representativas.

4.4.6 Determinación de la estructura del bosque Pino-Encino

- a) Estructura vertical como la distribución de las especies encontradas en cada una de las parcelas de medición, tomando en cuenta la altura de los individuos.
- b) En cuanto a estructura horizontal se determino con cada uno de los DAP tomados de las especies encontradas dentro de cada una de las parcelas de medición y representando así la distribución por clase diamétrica (Méndez y Picado 2006), para la cual se calculo mediante la formula de factor de expansión $FE = 10,000 / TP$ que para las parcelas se establecidas de 400 m^2 es 25 (Ferreira 2005).

4.4.7 Composición florística arbórea

La composición florística se represento en términos del número de géneros y de especies de importancia forestal, desarrollándolo de la siguiente manera:

a) Calculo de índice de valor estructural.

Se utilizaron dos índices de valor estructural; Índice de Valor de Importancia (IVI) y el Índice de Valor Forestal (IVF), determinados para todo el área de estudio (14.57 ha), de manera independiente para las categorías de fustal y latizal (Anexo 6).

El IVI se calculo con el propósito de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación arbórea, en las categorías de fustal y latizal, para el desarrollo de este índice se consideraron tres medidas; la primera fue a nivel vertical siendo diámetro a la altura del pecho (DAP) de las especies presentes. La segunda medida fue a nivel horizontal (la altura de cada una de las especies presentes). La tercera medida fue a nivel de estrato superior en el plano horizontal, el ancho de copa de cada una de las especies (Anexo 7).

b) Determinación de la diversidad florística arbórea.

En primer lugar para determinar la diversidad Alfa se utilizaron el índice para riqueza específica de especies esta Margalef y Menhinick, (Anexo 8), para la diversidad de especies están los índices de Shannon-Wiener y el índice de Simpson (Anexo 9), estos índices fueron calculados en software Microsoft Office Excel, utilizando las formulas establecidas para cada uno de estos índices.

Para la determinación de la diversidad beta se utilizaron los coeficientes de similaridad, con la finalidad de conocer la semejanza florística entre cada una de las parcelas de medición. Se realizo un sorteo al azar para seleccionar las parcelas que se compararon entre si. En primer lugar se calculo el coeficiente de Jaccard, para conocer la relación de presencia- ausencia de especies se compararon en las parcelas que presentaron similaridad en cuanto a las especies presentes, se calculo el coeficiente de similaridad de Sorensen, para determinar una comparación con el coeficiente anterior.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Identificación de especies florísticas arbóreas

En lo que corresponde a identificación se presentaron 15 especies arbóreas con un total de 176 individuos (Figura 5 y Anexo 10), las cuales se encontraron parcelas de medición establecidas en las tres categorías de fustal, latizal y brinzal, fuera de las parcelas de medición de identificaron otras especies que no se presento en las parcelas que ya establecidas (Anexo 11), indicando que este bosque de Pino-Encino no son las únicas especies existentes en esta área, pero su distribución se presenta en pequeñas partes o parches. Algunas especies como ser *Liquidámbar styraciflua*, *Genipa americana* y *Cochlospermum vitifolium* no se encontraron en ninguna de las trece parcelas establecidas.

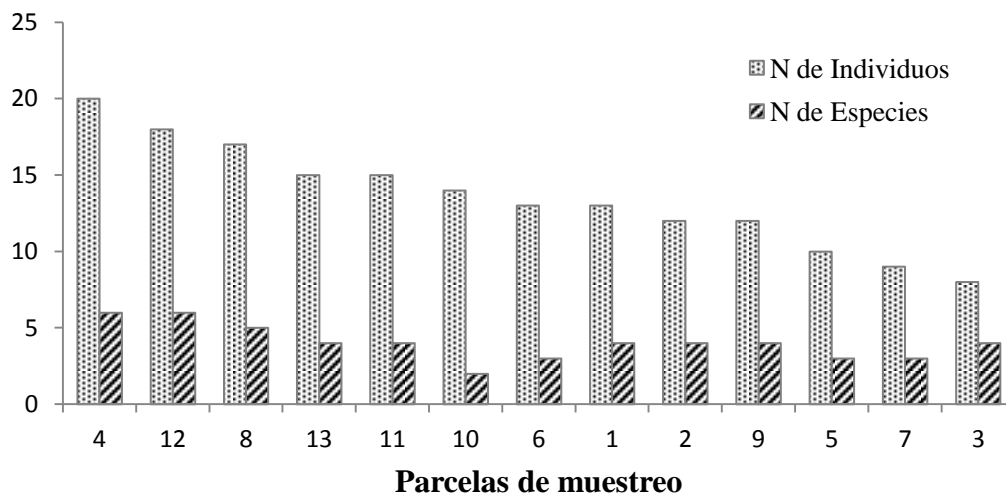


Figura 5. Numero de especies y de individuos en cada parcela de muestreo presente en el área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.

5.2 Estructura y composición florística

a) Estructura vertical

Considerando la altura de las especies arbóreas se presenta abundancia de 44 individuos en el rango de dos a seis, lo cual se puede observar que la mayor parte de los individuos se encuentra a una altura debajo de once metros (Figura 6). De los individuos encontrados con alturas mayores de 24 m en su totalidad fue la especie *Pinus oocarpa* se presentan con menor presencia de altura.

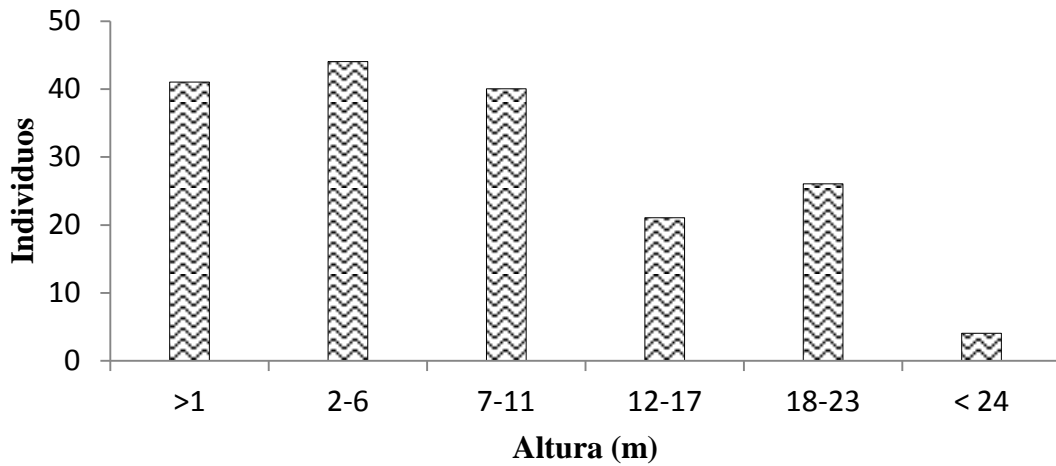


Figura 6. Distribución vertical del componente arbóreo presente en el área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

Indicando la estructura vertical baja ya que de los 176 individuos presentes, una cantidad de 125 individuos no sobrepasan mayores alturas de once metros, lo que corresponde más de la mitad.

b) Estructura horizontal

Se distribuyó la información recolectada de las categorías de fustal y latizal en lo que corresponde al diámetro a la altura del pecho (DAP) de las especies presentes en el área de estudio, en lo que corresponde a la categoría fustal se observan los árboles con clases diamétricas menores de 26 cm hasta los 14 cm, ya que la categoría latizal se representa en la clase diamétrica de ocho cm de DAP encontrándose 675 árboles/ha y demostrando mayor presencia en comparación a los árboles con mayores clases diamétricas, en las cuales las especies que más predominaba en las clases de 44 cm hasta 56 cm de DAP fue el *Pinus oocarpa*, presentando menor presencia.

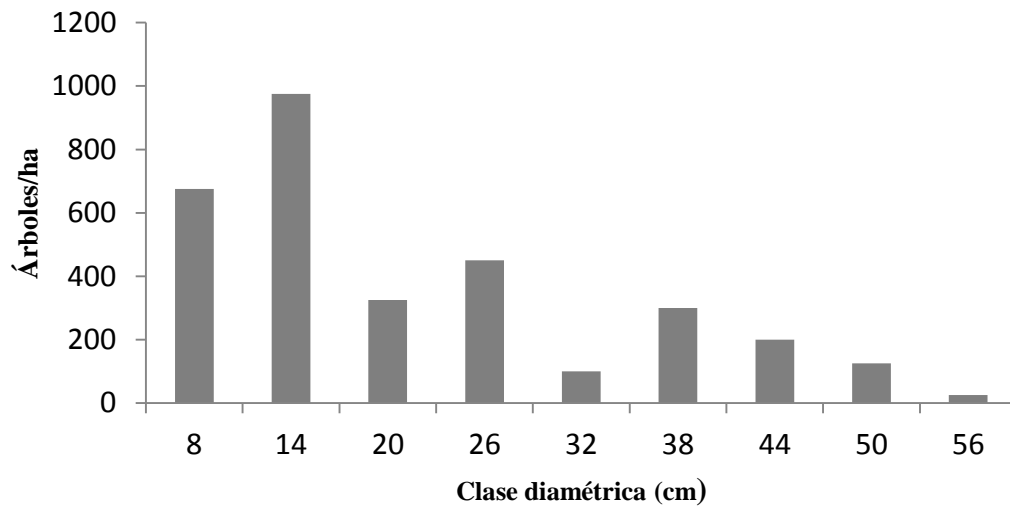


Figura 7. Estructura horizontal de las especies de importancia forestal, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

c) Composición florística arbórea del bosque Pino-Encino

En la parte de composición se encontró 15 especies las tres categorías siendo fustal, latizal y brinzal, presentando mayor riqueza relativa en *Quercus oleoide* y *Pinus oocarpa* (Figura 8), comprendiendo que la composición florística arbórea que se encuentra en el área de estudio, se identifica la mayor *P. oocarpa* y *Q. oleoide*, dominancia se encuentra la especie *B. crassifolia*, y otras especies de *Quercus* como son la de *Q. sapotaefolia* y *Q. peduncularis*.

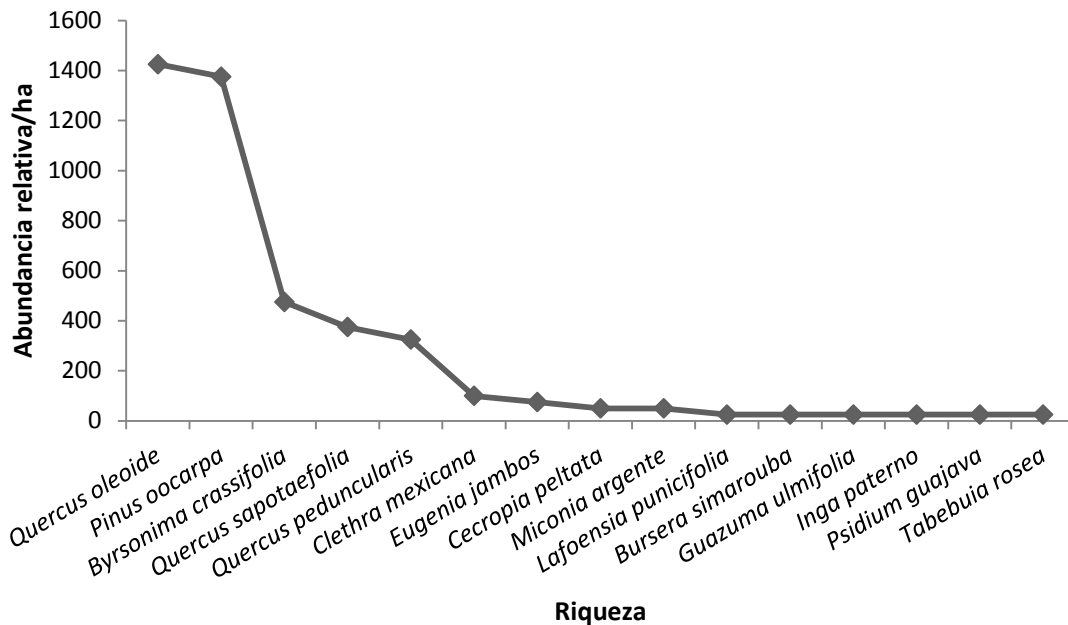


Figura 8. Curva de rango-abundancia de la riqueza forestal/ha del bosque de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun.

5.3 Determinación de índices de valor estructural

El índice de valor de importancia (IVI) que se encontró en la categoría fustal (Figura 9), determina al *Pinus oocarpa* con mayor peso ecológico o con mayor IVI, otras especies como *Quercus oleoide* y *Byrsonima crassifolia* se encuentran con mayor porcentaje de IVI esto de acuerdo a su estructura vertical y horizontal presentes en cada una de las especies presentes en esta categoría, en lo que corresponde a la especie *Clethra mexicana* se encuentra con un valor bajo en importancia ya que se encontró pocos individuos y no presenta una distribución uniforme en su totalidad del área de 14.57 ha (Anexo 12)

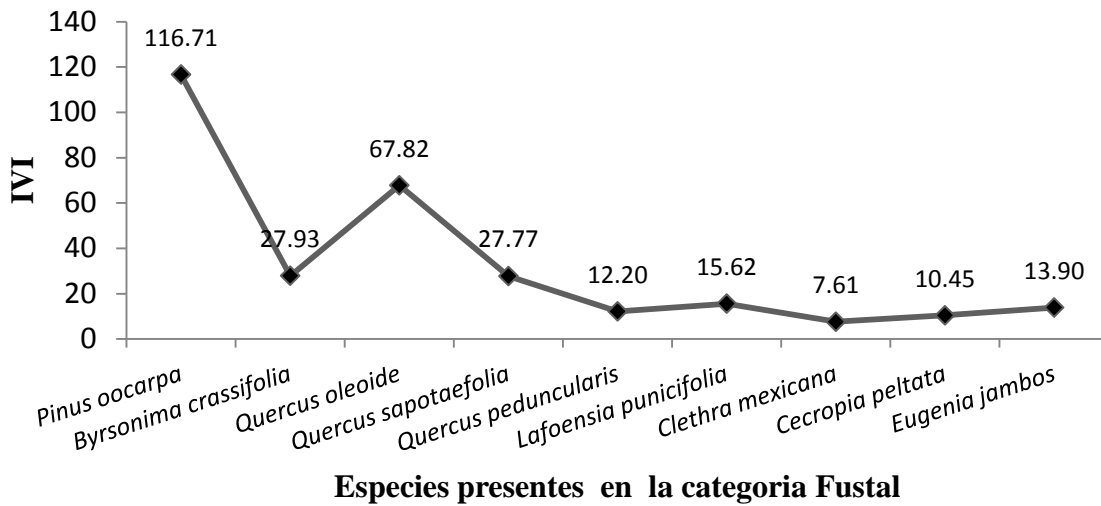


Figura 9. Índice de valor de importancia de la categoría fustal, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

De la misma manera con el índice de valor forestal (IVF), siempre para la categoría de fustal (Figura 10), se encontró la especie de *Pinus oocarpa* con mayor índice de valor forestal, la especie *Lafoensia punicifolia* presenta en segundo lugar con alto valor estructural a diferencia del índice anterior se observa una variación en la valoración de especies, debido este cambio a que en este índice se considera la cobertura de copa de cada una de las especies (Anexo 13).

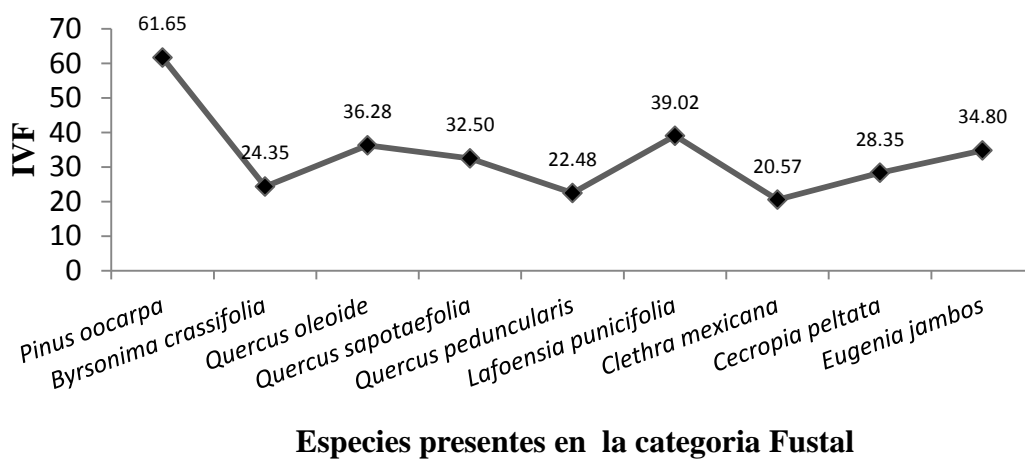


Figura 10. Especies con índices de valor forestal en la categoría de fustal, Parque Ecológico Chatun.

Al presentar los índices de valor estructuras en la categoría fustal, IVI e IVF se observan diferencia en cuanto a la valoración de especies, en el primer caso IVI las especies de *Q. oleoide*, *B. crassifolia* y *Q. sapotaefolia* se identifican como las especies de mayor valor de importancia (Figura 14), la especie *M. argéntea* se presenta con menor valor de importancia ya que esta especie se presenta con menor abundancia dentro del área de estudio (Anexo 14).

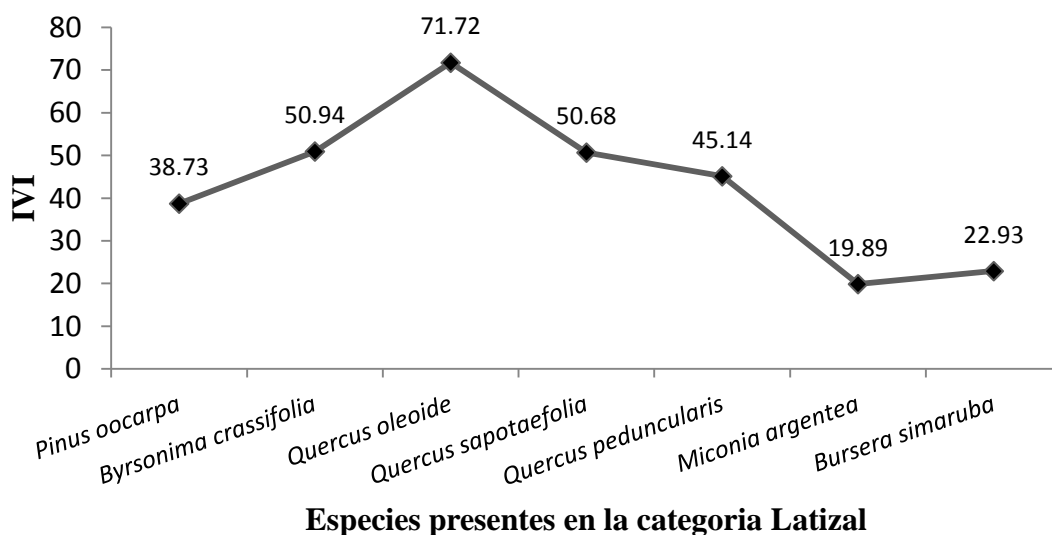


Figura 11. Especies con índice de valor de importancia de la categoría latizal, área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.

El IVF presentado en la categoría latizal se presenta con valor forestal, especie *Q. sapotaefolia* en primer lugar y las especies de *B. crassifolia* y *Q. oleoide* en segundo lugar de alto valor forestal (Figura 12), a diferencia del IVI la especie de menor valor forestal se presenta el *Q. peduncularis*, como anteriormente se ha venido mencionando esta variación de valor de estructural al utilizar los dos índices se debe al que el IVF utiliza el estrato a nivel de cobertura de cada especie. (Anexo 15).

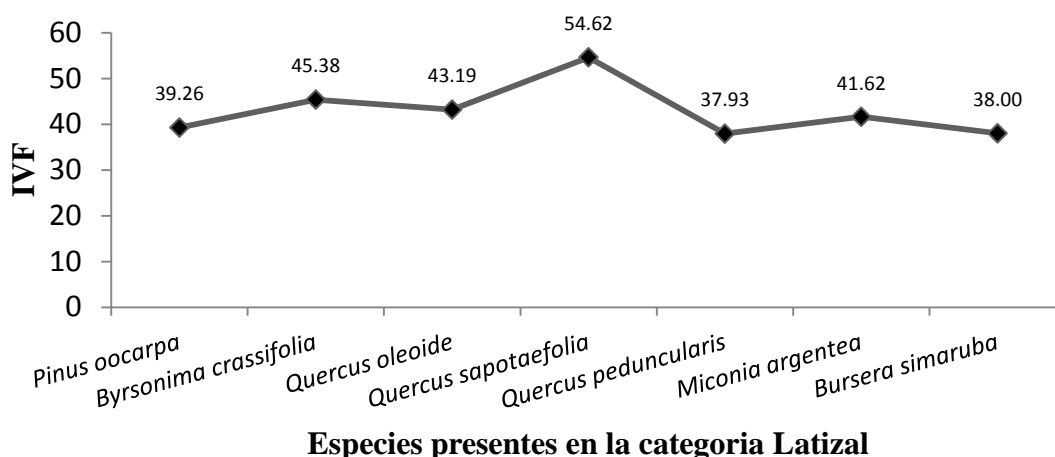


Figura 12. Especies con índices de valor forestal en la categoría de latizal, área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.

5.4 Diversidad florística arbórea.

a) Diversidad Alfa.

Para determinar la riqueza específica de especies con el índice de Margalef, en cada una de las parcelas establecidas en las tres categorías fustal, latizal y brinzal, se observa las parcelas cuatro y doce siendo los valores mas altos de 3.84 y 3.98 respectivamente, (Figura 13), para el caso de la parcela diez es la de valor mas bajo de 0.87 (Anexo 16).

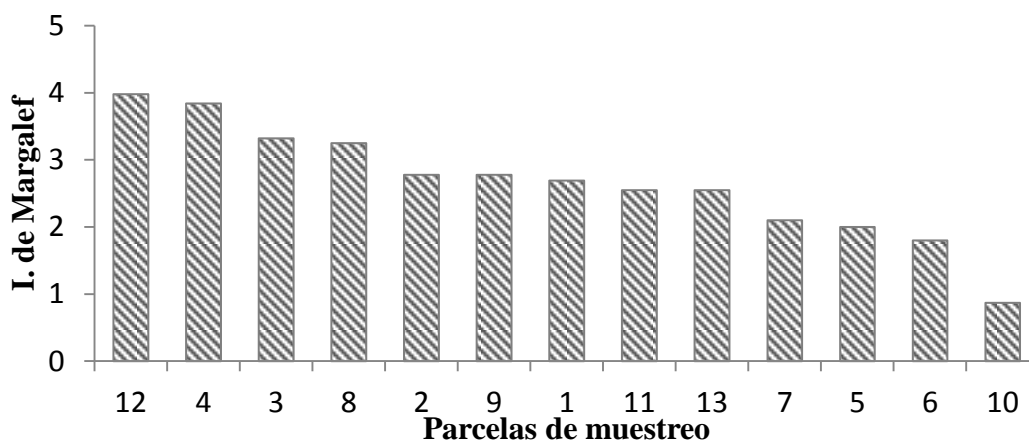


Figura 13. Riqueza específica entre parcelas según el índice de Margalef, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

Para la interpretación de este índice se toma en cuenta una escala de valoración donde el mayor valor presente es cinco (Cuadro 2), y observando todas las parcelas de medición la que presento mayor valor fue de 3.98 y las demás se mantienen con valores entre dos a tres. Al no presentar este rango fue modificado la escala agregándole el valor de dos a cinco que se considera como zona de media diversidad.

Cuadro 2. Escala de interpretación del índice de Margalef para el bosque de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun, Guatemala.

Índice de Margalef	Escala de interpretación
< 2	Baja diversidad
2 – 5	Media diversidad
> 5	Alta diversidad

Fuente: Modificado de Orellana (2009).

El índice de Menhinick que de igual forma esta determinando la riqueza especifica de especies, las parcelas tres y doce se presenta un valor de 1.41 siendo este las mas altas y la parcela diez un valor de 0.53 siendo el mas bajo (Figura 14), como este índice se aplico para corroborar la información encontrada con el anterior se presenta de manera similar solo que ya esta considerando la parcela tres y no la cuatro como es el caso anterior (Anexo 17).

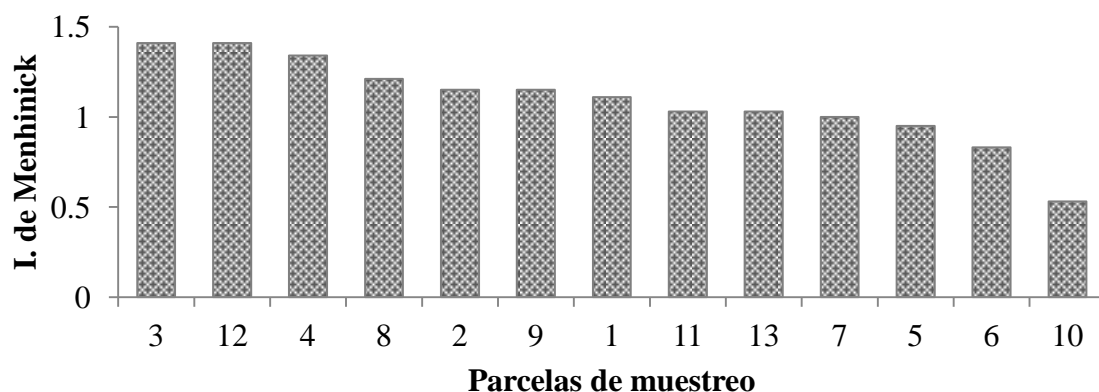


Figura 14. Riqueza específica entre parcelas según el índice de Menhinick, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

Para la interpretación de este índice se utiliza una escala para valorar la información encontrada con este índice (Cuadro 3), como se muestra en el gráfico todas las parcelas se encuentran en valor 1.00 a 1.41 y según la escala de interpretación se centra en media diversidad.

Cuadro 3. Escala de interpretación del índice de Menhinick propuesto para el bosque de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun, Guatemala.

Índice de Menhinick	Escala de interpretación
< 1	Baja
1 - 2	Media
> 2	Alta

Fuente: Modificado de Orellana 2009.

Para la diversidad de especies, con el índice de Shannon-Wiener, determinó que las parcelas ocho y doce ambas obtuvieron valores de 1.45 (Figura 15), presentándose la parcela seis con 0.54, dado que este índice considera que valores obtenidos menores de 1 son de escasa diversidad de especies, mayores de 2 son de alta diversidad, para efectos del presente estudio se al aplicar este índice se encuentran con valores dentro de la media (Anexo 18).

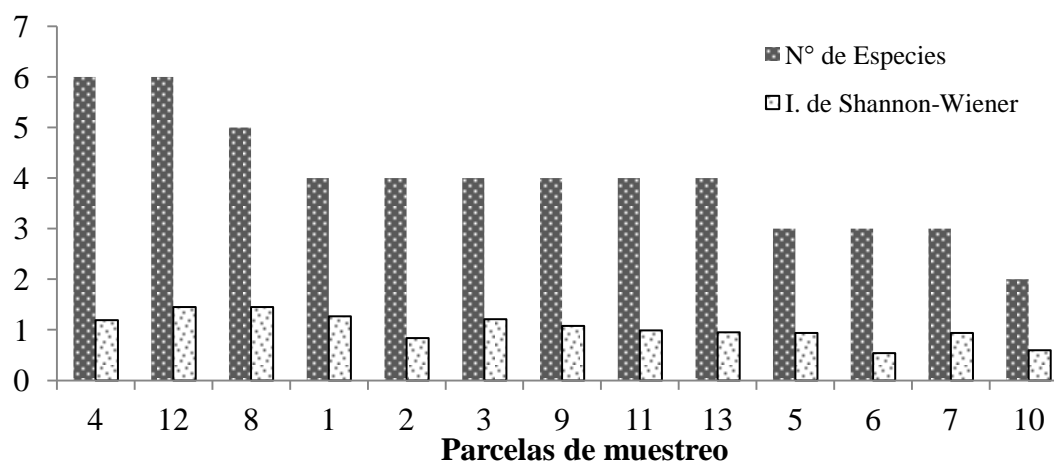


Figura 15. Diversidad de especies entre parcelas según el índice de Shannon-Wiener, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

El índice de Shannon toma en cuenta la abundancia de cada especie y que tan uniformemente se encuentra distribuida, para lo se considera el índice de equitatividad de Shannon, donde se interpreta considerando el valor de 1 para zonas de equidad en especies, donde se observa que en la mayoría de las parcelas presentan valores que se acercan a uno (Figura 16), dando a entender que en relación a especies e individuos presentes esta área se encuentra equitativa con una distribución uniforme, tanto en las categorías de fustal, latizal y brinza.

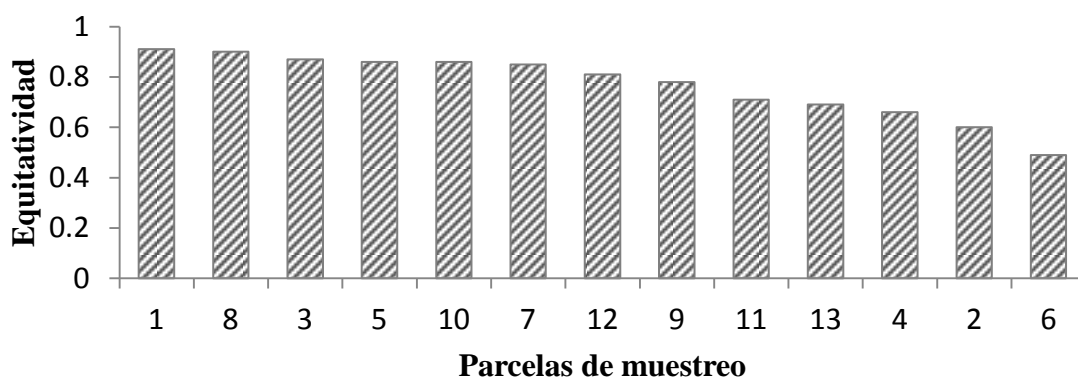


Figura 16. Equitatividad de Shannon, entre parcelas de muestreo del área de estudio Parque Ecológico Chatun.

El índice de Simpson determinando siempre la diversidad de especies y se presenta que la parcela de mayor valor de diversidad de especies es la ocho con valor de 4.69 (Figura 17), considerando el rango de interpretación de este índice son los valores mayores a cinco se considera alta y menores a dos son de baja diversidad, representando la mayoría de las parcelas con valores por debajo de cinco y mayores de dos, se toma como media diversidad (Anexo 19).

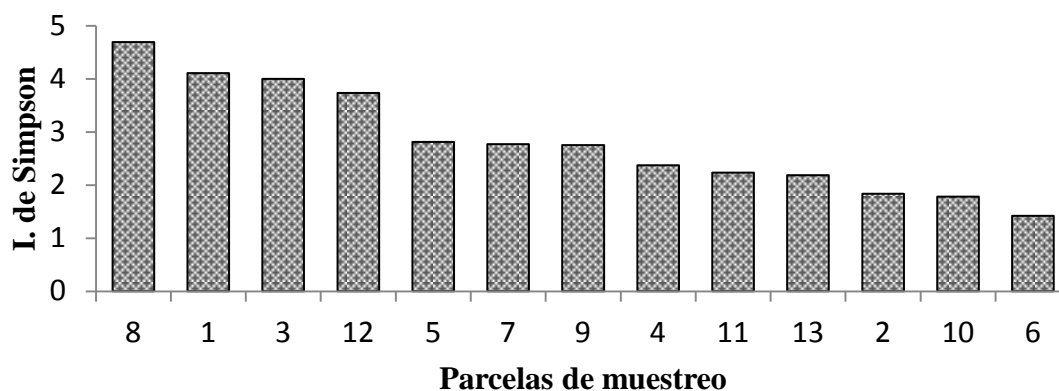


Figura 17. Diversidad de especies entre parcelas de muestreo según el índice de Simpson, área de estudio Parque Ecológico Chatun.

De acuerdo a la aplicación de los índices anteriores se encuentra una zona de media diversidad la cual fue aplicada en relación al número de individuos y especies presentes en las tres categorías de fustal, latizal y brinzal. La determinación de estos índices con relación a la escala de interpretación de cada uno de ellos se presenta de igual forma (Cuadro 4),

Cuadro 4. Índices de diversidad alfa aplicadas por parcelas en el bosque de Pino-Encino, Parque Ecológico Chatun.

Índice	Parcelas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I. Margalef	2.69	2.78	3.32	3.84	2.00	1.80	2.10	3.25	2.78	0.87	2.55	3.98	2.55
I. Menhinick	1.11	1.15	1.91	1.34	0.95	0.83	1.00	1.21	1.15	0.53	1.03	1.41	1.03
I. Shannon-Wiener	1.27	0.84	1.21	1.19	0.94	0.54	0.94	1.45	1.08	0.60	0.99	1.45	0.95
I. Equitatividad	0.91	0.60	0.87	0.66	0.86	0.49	0.85	0.90	0.78	0.86	0.71	0.81	0.69
I. Simpson	4.11	1.83	4.00	2.37	2.81	1.42	2.77	4.69	2.75	1.78	2.23	3.73	2.19

b) Diversidad Beta.

En la diversidad beta utilizando los índices o coeficientes de similitud, de las parcelas emparejadas se obtiene con el coeficiente de similitud de Jaccard las parcelas emparejadas cinco y once y la cuatro y dos con porcentaje de 40% en ambas parejas (Figura 18), lo que se presenta mayor similitud de las especies, también se presenta una similitud entre las

parejas seis y doce y la ocho y trece con un valor de 28.57%. Ya que este coeficiente se determina que a mayor porcentaje, mayor similitud de especies, presencia/ausencia de especies que se encontraban dentro de cada unidad muestral establecidas y comparadas entre sí.

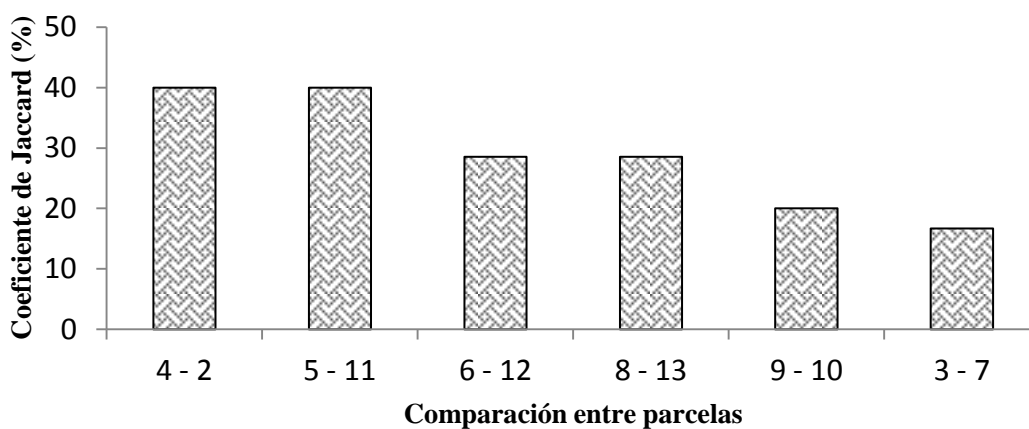


Figura 18. Coeficiente de similitud de Jaccard entre parcelas de muestreo, área de estudio Parque Ecológico Chatun.

De igual manera para comprobar estos valores se aplico el coeficiente de Sorensen (Figura 19) siempre determinando la similitud de especies entre las parcelas de medición en las tres categorías, dando como resultado que ambos coeficientes determinan la similitud de especies.

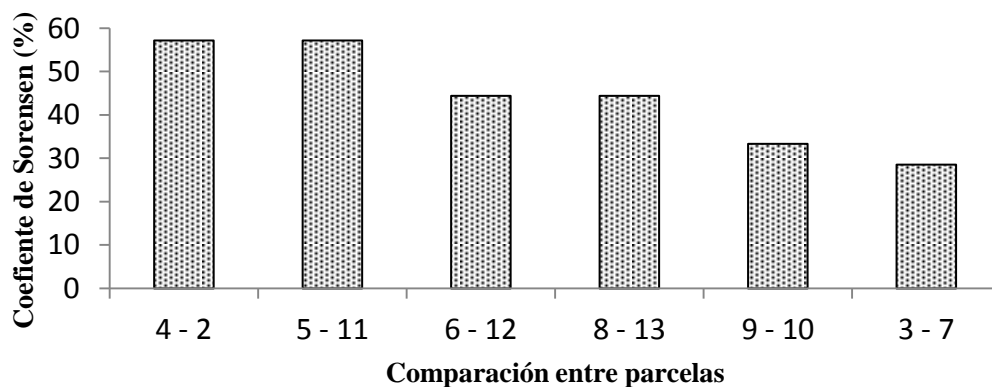


Figura 19. Similitud de especies según el coeficiente de Sorensen, área de estudio Parque Ecológico Chatun.

VI CONCLUSIONES

La presencia de las especies en el área del bosque de Pino-Encino se identificaron 15 especies dentro de las parcelas de medición pero se encontraban otras especies como ser *Liquidámbar styraciflua*, *Genipa americana* y *Cochlospermum vitifolium*, para el caso de la categoría de brinzal o regeneración se identificaron especies como *Psidium guajava*, *Inga paterno* y *Guazuma ulmifolia* que no se presentaron en las categorías de fustal y latizal. Se determina que las especies mas dominantes son *Pinus oocarpa*, *Quercus sp* y *Byrsonima crassifolia*, presentándose característico de este ecosistema de bosque de Pino-Encino.

Según los índices determinados para todas las especies presentes en las tres categorías, fue de mayor representativa en cuanto a riqueza y diversidad de especies, ya que en ella se observó algunas especies que solo estaban presentes en esa área determinada una de ellas es la especie *Eugenia jambos*.

Para fines de análisis de la diversidad florística a través de los valores obtenidos tanto en la categoría de brinzal, latizal y fustal las parcelas están mostrando una valoración de media de diversidad, los índices aplicados hacen referencia la distribución de los individuos que se presentaron en este ecosistema de bosque de Pino-Encino donde se caracteriza por ser poco diverso en especies, demostrando en los valores obtenidos por parcelas ya que cada una de ellas se encuentra en un rango similar.

VII RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios que reflejen el estado del bosque en cuanto a la estructura y diversidad de especies y además realizar un inventario forestal más intensidad de muestreo ya que al establecerse mayor numero de parcelas se encontraran más diversidad de especies que se encuentra en este bosque de Pino-Encino.

Al realizar un estudio similar a este, aumentar una intensidad de muestreo a una mayor de un 5% de intensidad, al momento de evaluar la riqueza de especies solo depende más del área muestreada y en el área total existen otras especies diferentes de alta importancia y valor forestal.

Para fines de conservación del bosque de Pino-Encino del Parque Ecológico Chatun, se recomienda identificación de las especies y presentar la importancia de extender el área para evitar la reducción de la parte forestal.

VIII BIBLIOGRAFÍA

Alianza para la conservación de los bosques de Pino-Encino de Mesoamérica (ACBPEM) 2008. Plan de conservación de los bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el ave migratoria *Dendroica chrysoparia*. Editores E.S. Pérez, E. Secarúa, C. Macías, S. Morales e I. Morales. Fundación Defensores de la Naturaleza y The Nature Conservancy. Guatemala.

Ávila, Z. 2008. Diversidad de especies de flora emergentes después de diferentes periodos de incendios en bosques de coníferas. TATASCAN. Vol. 20. N° 2. 69-84.

Berry, PE. 2002. Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. In Guariguata, MR. y Kattan (eds). 2002. Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. EULAC/GTZ. Primera edición. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. 83-96 p.

Castañeda Salguero, C. 2004. Árboles y arbustos de los bosques secos de Guatemala. Proyecto de investigación forestal INAB. Guatemala, 1ar. Ed. Universidad del Valle de Guatemala, 199 p.

Corella JF, Valdez HJI, Cetina AVM, González CFV, Trinidad SA, Aguirre RJR 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. Ciencia Forestal en México 26(90):73-102.

Ferreira Rojas, O. 2005. Herramientas para el manejo de bosques. Inventario forestal. Siguatepeque, Honduras. 141 p.

Halfpter, G., C. E. Moreno y E. O. Pineda. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M&T–Manuales y Tesis SEA. Vol. 2. Zaragoza, España. 80 pp.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y agrícolas - Universidad Rafael Landívar (IARNA-URL), 2003. Estado actual de los bosques en Guatemala. Informe ambiental de Guatemala 2002, Bases para la evaluación sistemática del estado de ambiente. Informe técnico no. 7. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 68 p.

Klein, C. 2000. Inventario y evaluación de árboles fuera del bosque en grandes espacios. En: Unasyuva. Vol. 51, No. 2000. Roma.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales y sus especies arbóreas- posibles métodos para un aprovechamiento sostenible. Trad. Antonio Carrillo, Dr. Escchborn, GTZ. Alemania. 335 p.

Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliado húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica, Manual Técnico No. 46. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.

Matteucci, SD; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. USA, OEA. 163 p.

Melo Cruz, O. A., Vargas Ríos, R. 2002. Evaluación ecológica y silvicultura de ecosistemas boscosos. Universidad de Tolima. 1 ed. Ibagué, Colombia. 235 p.

Méndez Valdivia, A, Picado Castro, E. E. 2006. Análisis de tres estados sucesionales del bosque seco deciduo, desarrollado sobre campos agrícolas abandonados, Nandarola, Nicaragua. Tesis Ing. Forestal. UNA. Managua, Nicaragua. 56 p.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Mostacedo, B., Fredericksen, T. S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. BOLFOR. 87 p.

Murrieta, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, Costa Rica/ Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 125 p.

Orellana Lara, J. 2009. Determinación de índices de diversidad florística arbóreas en las parcelas permanentes de muestreo del valle de Sacta. Trabajo inv. Tec. Superior Forestal. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 49 p.

Organización Mundial para la Agricultura y la alimentación (FAO), 2000. Estimación del volumen forestal y Predicción del rendimiento. Roma. 65 P.

Plan de desarrollo Esquipulas, Chiquimula, 2010. Consejo municipal del municipio de Esquipulas y Secretaria de planificación y programación de la presidencia Dirección de Planificación territorial, 94 p.

The Nature Conservancy (TNC), Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. 2010. Sistematización de experiencias de manejo forestal y del fuego en la eco-región bosques de pino encino de Centroamérica. Guatemala. 97 p.

Torres Espinosa, L. M. 2000. Análisis estructural en ecosistemas multicohortal7 de *Pinus-Quercus* en una fracción de la Sierra Madre Oriental. Tesis maestría en ciencias forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 9 p.

Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gost, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo para inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

Zarco Espinosa V. M., J. I. Valdez Hernández, G. Ángeles Pérez, O. Castillo Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Tesis de Maestría. División Académica de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 18 p.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa del área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.

ÁREA DE ESTUDIO EN EL PARQUE ECOLÓGICO CHATUN



— Límite del área

Área : 145,746.32 m² = 14.57 Ha.

Ubicación: Aldea Atulapa

Municipio: Esquipulas

Julio de 2012

UTM zona 15.5 Norte



Anexo 2. Coordenadas de las parcelas de medición establecidas en el área de estudio, Parque Ecológico Chatun.

N°	ID	Coordenadas		Altitud (msnm)
		X	Y	
1	L1-01	89.32064	14.55714	967
2	L2-01	89.31892	14.55728	981
3	L2-02	89.31922	14.55689	999
4	L2-03	89.31922	14.55619	977
5	L2-04	89.31925	14.55567	1005
6	L2-05	89.31914	14.55497	976
7	L2-06	89.319	14.55444	992
8	L3-01	89.31781	14.55789	975
9	L3-02	89.31789	14.55736	974
10	L3-03	89.31781	14.55661	978
11	L3-04	89.31764	14.55606	983
12	L3-05	89.31667	14.55556	980
13	L3-06	89.31769	14.55494	991

Anexo 3. Cuadro de corrección de pendientes

Pendiente %	Grados	Factor f_s	Distancias horizontales									
			5	10	15	20	25	30	40	50	125	245
15	9	1.0112	5.1	10.1	15.2	20.2	25.3	30.3	40.4	50.6	126.4	247.7
20	11	1.0198	5.1	10.2	15.3	20.4	25.5	30.6	40.8	51.0	127.5	249.9
25	14	1.0308	5.2	10.3	15.5	20.6	25.8	30.9	41.2	51.5	128.8	252.5
30	17	1.0440	5.2	10.4	15.7	20.9	26.1	31.3	41.8	52.2	130.5	255.8
35	19	1.0595	5.3	10.6	15.9	21.2	26.5	31.8	42.4	53.0	132.4	259.6
40	22	1.0770	5.4	10.8	16.2	21.5	26.9	32.3	43.1	53.9	134.6	263.9
45	24	1.0966	5.5	11.0	16.4	21.9	27.4	32.9	43.9	54.8	137.1	268.7
50	27	1.1180	5.6	11.2	16.8	22.4	28.0	33.5	44.7	55.9	139.8	273.9
60	31	1.1662	5.8	11.7	17.5	23.3	29.2	35.0	46.6	58.3	145.8	285.7
70	35	1.2207	6.1	12.2	18.3	24.4	30.5	36.6	48.8	61.0	152.6	299.1
80	39	1.2806	6.4	12.8	19.2	25.6	32.0	38.4	51.2	64.0	160.1	313.8
90	42	1.3454	6.7	13.5	20.2	25.9	33.6	40.4	53.8	67.3	168.2	329.6
100	45	1.4142	7.1	14.1	21.2	28.3	35.4	42.4	56.6	70.7	176.8	346.5
110	48	1.4866	7.4	14.9	22.3	29.7	37.2	44.6	59.5	74.3	185.8	364.5
120	50	1.5620	7.8	15.6	23.4	31.2	39.1	46.9	62.5	78.1	195.3	382.7
130	52	1.6401	8.2	16.4	24.6	32.8	41.0	49.2	65.6	82.0	205.0	401.8
140	54	1.7205	8.6	17.2	25.8	34.4	43.0	51.6	68.8	86.0	215.1	421.5
150	56	1.8028	9.0	18.0	27.0	36.1	45.1	54.1	72.1	90.1	225.3	441.7

Fuente: Tomado de FAO (2004).

Anexo 4. Formulario de inventario forestal para fustal y latizal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO MANEJO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

FORMULARIO DE INVENTARIO FORESTAL PARA FUSTAL Y LATIZAL

N° de parcela _____ Fecha _____
Rumbo _____ Altitud _____ % de pendiente _____
Coordenadas GPS (X) _____ GPS (Y) _____

No.	Nombre común	DAP (cm)	Altura (m)	Diámetro de copa (cm)	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Anexo 5. Formulario de inventario forestal para medición de brinzal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO MANEJO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

FORMULARIO DE INVENTARIO FORESTAL PARA BRINZAL

N° de parcela _____ Fecha _____
Rumbo _____ Altitud _____ % de pendiente _____
Coordenadas GPS (X) _____ GPS (Y) _____

No.	Nombre común	Altura de la planta	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Anexo 6. Formula del Índice de valor de importancia

Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie encontrada y se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Área basal} = \frac{\pi}{4} \text{DAP}^2 \quad (\text{donde el DAP se expreso en m}^2)$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de Cuadros en los que se presenta cada especie}}{\text{Número de Cuadros muestreados}}$$

Anexo 7. Formula del Índice de valor forestal

Este índice se aplico con el propósito de evaluar la estructura de la vegetación arbórea, donde la primera se evaluara a nivel del estrato inferior en el plano horizontal (DAP), la segunda que incluye la estructura inferior y superior en el plano vertical (altura) y el tercer estrato a nivel del estrato superior en el plano horizontal diámetro de copa o cobertura), donde se utiliza la siguiente formula para calcular.

$$IVF = \text{Diámetro relativo} + \text{Altura relativa} + \text{Cobertura relativa}$$

Donde el diámetro relativo se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Diámetro relativo} = \frac{\text{Diametro adsoluto de cada especie}}{\text{Diametro absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Diámetro absoluto} = \frac{\text{Diametro de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Altura relativa} = \frac{\text{Altura absoluta de cada especie}}{\text{Altura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

Donde:

$$\text{Altura absoluta} = \frac{\text{Altura de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura absoluta de cada especie}}{\text{Cobertura absoluta de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Donde: Cobertura absoluta} = \frac{\text{Cobertura especie}}{\text{Área muestreada}}$$

Anexo 8. Formulas para calcular la riqueza específica de especies

a) Índice de Margalef.

$$D_{\alpha} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S = número de especies.

N = número de individuos.

b) Índice de Menhinick.

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

S = número de especies.

N = número de individuos.

Anexo 9. Formulas para calcular la diversidad de especies.

a) Índice Shannon-Wiener.

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln P_i$$

Dónde:

H = Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

S = Número de especies.

\ln = Logaritmo natural.

P_i = Abundancia relativa (proporción total de la muestra que corresponde a la especie i), calculada como n_i/N donde:

n_i = N° de individuos pertenecientes a la i -ésima especie.

N = N° total de individuos de la muestra.

b) Calculo de la equidad de especies.

$$E = \frac{H}{\ln(S)}$$

Donde:

H = índice de Shannon-Wiener. S = número total de especies.

c) Índice de Simpson.

$$S = \frac{1}{\sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}}$$

Donde:

n_i = N° de individuos pertenecientes a la i -ésima especie.

N = N° total de individuos de la muestra.

Anexo 10. Número de especies presentes en cada unidad de muestreo.

N°	Especies	PARCELAS													TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	<i>Pinus oocarpa</i>	3	1	1	1	5	11	5	3	7	4	2	9	3	55
2	<i>Byrsonima crassifolia</i>	0	1	2	2	4	1	0	2	3	0	2	2	0	19
3	<i>Quercus oleoide</i>	5	9	4	13	0	0	0	5	0	10	10	0	1	57
4	<i>Quercus sapotaefolia</i>	4	1	0	2	0	0	1	6	1	0	0	0	0	15
5	<i>Quercus peduncularis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	10	13
6	<i>Lafoensia puniceifolia</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	<i>Clethra mexicana</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	4
8	<i>Cecropia peltata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
9	<i>Eugenia jambos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
10	<i>Miconia argente</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
11	<i>Bursera simarouba</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
12	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
13	<i>Inga paterno</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
14	<i>Psidium guajava</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	<i>Tabebuia rosea</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
TOTAL		13	12	8	20	10	13	9	17	12	14	15	18	15	176

Anexo 11. Listado de especies presentes en el área de estudio dentro del Parque Ecológico Chatun.

N°	Nombre común	Nombre científico	Familia	Categoría**		
				F	L	B
1	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae			X
2	Encino	<i>Quercus peduncularis</i>	Fagaceae	X	X	X
3	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	X		
4	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae			X
5	Hoja de queso	<i>Miconia argentea</i>	Melastomataceae		X	
6	Jiote	<i>Bursera simarouba</i>	Burseraceae		X	
7	Manzana rosa	<i>Eugenia jambos</i>	Myrtaceae	X		
	Matilisguate	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae			X
9	Nance de montaña	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malphagiaceae		X	
10	Paterno	<i>Inga paterno</i>	Fabaceae-Mimosoideae			X
11	Pino ocote	<i>Pinus oocarpa</i>	Pinaceae	X	X	X
12	Roble amarillo	<i>Quercus sapotaefolia</i>	Fagaceae	X	X	
13	Roble negro	<i>Quercus oleoide</i>	Fagaceae	X	X	
14	Trompillo	<i>Lafoensia puniceifolia</i>	Lytraceae	X		
15	Zapotillo	<i>Clethra mexicana</i>	Clethraceae	X		
16	*Liquidámbar	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Hamamelidaceae			
17	*Ixcanal	<i>Acacia hindsii</i>	Fabaceae-Mimosoideae			
18	*Irayol	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae			
19	*Guachipilín	<i>Dyphyna robinoides</i>	Fabaceae-Faboideae			
20	*Tecomasúchi	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cachlospemaceae			

* Las especies que se encuentran con asterisco están presentes dentro del área de estudio pero ninguna se presentó dentro de cada unidad de medición o parcela.

** Fustal, Latizal y Brinzal.

Anexo 12. Índices de valor de importancia para la categoría de fustal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.

FUSTAL							
ESPECIES	FRECUENCIA		DOMINANCIA		DENSIDAD		IVI
	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	
<i>Pinus oocarpa</i>	0.92	35.11	67.93	43.73	2.81	37.87	116.71
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0.46	17.56	6.06	3.90	0.48	6.47	27.93
<i>Quercus oleoide</i>	0.54	20.61	15.76	10.14	2.75	37.06	67.82
<i>Quercus sapotaefolia</i>	0.23	8.78	13.80	8.88	0.75	10.11	27.77
<i>Quercus peduncularis</i>	0.15	5.73	7.13	4.59	0.14	1.89	12.20
<i>Lafoensia puniceifolia</i>	0.08	3.05	18.05	11.62	0.07	0.94	15.62
<i>Clethra mexicana</i>	0.08	3.05	5.61	3.61	0.07	0.94	7.61
<i>Cecropia peltata</i>	0.08	3.05	8.56	5.51	0.14	1.89	10.45
<i>Eugenia jambos</i>	0.08	3.05	12.45	8.01	0.21	2.83	13.90
TOTAL	2.62	100.00	155.35	100.00	7.42	100.00	300.00

Anexo 13. Índices de valor forestal para la categoría de fustal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.

FUSTAL							
ESPECIES	DIAMETRO		ALTURA		COBERTURA		IVF
	ABSOLUTO	RETATIVO	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	
<i>Pinus oocarpa</i>	2.44	24.18	1.46	22.88	33.69	14.59	61.65
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0.73	7.23	0.43	6.74	23.97	10.38	24.35
<i>Quercus oleoide</i>	1.17	11.60	0.71	11.13	31.30	13.55	36.28
<i>Quercus sapotaefolia</i>	1.10	10.90	0.56	8.78	29.61	12.82	32.50
<i>Quercus peduncularis</i>	0.79	7.83	0.47	7.37	16.82	7.28	22.48
<i>Lafoensia puniceifolia</i>	1.26	12.49	0.83	13.01	31.23	13.52	39.02
<i>Clethra mexicana</i>	0.70	6.94	0.50	7.84	13.38	5.79	20.57
<i>Cecropia peltata</i>	0.86	8.52	0.72	11.29	19.73	8.54	28.35
<i>Eugenia jambos</i>	1.04	10.31	0.70	10.97	31.23	13.52	34.80
TOTAL	10.09	100.00	6.38	100.00	230.96	100.00	300.00

Anexo 14. Índices de valor de importancia para la categoría de latizal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.

LATIZAL							
ESPECIES	FRECUENCIA		DOMINANCIA		DENSIDAD		IVI
	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	
<i>Pinus oocarpa</i>	0.08	6.96	1.69	9.26	0.34	22.52	38.73
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0.23	20.00	3.11	17.03	0.21	13.91	50.94
<i>Quercus oleoide</i>	0.38	33.04	2.95	16.16	0.34	22.52	71.72
<i>Quercus sapotaefolia</i>	0.15	13.04	5.18	28.37	0.14	9.27	50.68
<i>Quercus peduncularis</i>	0.15	13.04	1.75	9.58	0.34	22.52	45.14
<i>Miconia argentea</i>	0.08	6.96	1.51	8.27	0.07	4.64	19.86
<i>Bursera simarouba</i>	0.08	6.96	2.07	11.34	0.07	4.64	22.93
TOTAL	1.15	100.00	18.26	100.00	1.51	100.00	300.00

Anexo 15. Índices de valor forestal para la categoría de latizal, área de estudio Parque Ecológico Chatun.

LATIZAL							
ESPECIES	DIAMETRO		ALTURA		COBERTURA		IVF
	ABSOLUTO	RETATIVO	ABSOLUTA	RELATIVA	ABSOLUTA	RELATIVA	
<i>Pinus oocarpa</i>	0.38	11.66	0.32	16.16	14.37	11.44	39.26
<i>Byrsonima crassifolia</i>	0.52	15.95	0.24	12.12	21.74	17.31	45.38
<i>Quercus oleoide</i>	0.51	15.64	0.29	14.65	16.20	12.90	43.19
<i>Quercus sapotaefolia</i>	0.67	20.55	0.35	17.68	20.59	16.39	54.62
<i>Quercus peduncularis</i>	0.39	11.96	0.30	15.15	13.59	10.82	37.93
<i>Miconia argentea</i>	0.36	11.04	0.27	13.64	21.28	16.94	41.62
<i>Bursera simarouba</i>	0.43	13.19	0.21	10.61	17.84	14.20	38.00
TOTAL	3.26	100.00	1.98	100.00	125.61	100.00	300.00

Anexo 16. Cálculos realizados para determinar el índice de Margalef, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

Parcela	I. Margalef		
	S-1	Log N	I. Margalef
1	3	1.11394335	2.69
2	3	1.07918125	2.78
3	3	0.90308999	3.32
4	5	1.30103	3.84
5	2	1	2.00
6	2	1.11394335	1.80
7	2	0.95424251	2.10
8	4	1.23044892	3.25
9	3	1.07918125	2.78
10	1	1.14612804	0.87
11	3	1.17609126	2.55
12	5	1.25527251	3.98
13	3	1.17609126	2.55

Anexo 17. Cálculos realizados para determinar el índice de Menhinick, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

Parcela	I. Menhinick		
	S	\sqrt{N}	I. Menhinick
1	4	3.61	1.11
2	4	3.46	1.15
3	4	2.83	1.41
4	6	4.47	1.34
5	3	3.16	0.95
6	3	3.61	0.83
7	3	3.00	1.00
8	5	4.12	1.21
9	4	3.46	1.15
10	2	3.74	0.53
11	4	3.87	1.03
12	6	4.24	1.41
13	4	3.87	1.03

Anexo 18. Cálculos realizados para determinar el índice de Shannon-Wiener, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

N° de Parcelas	I. Shannon-Wiener			N° de Parcelas	I. Shannon-Wiener		
	P_i	$\ln(P_i)$	$P_i \cdot \ln(P_i)$		P_i	$\ln(P_i)$	$P_i \cdot \ln(P_i)$
P. 1	0.2308	-1.46620374	-0.3384	P.8	0.1765	-1.7344344	-0.3061
	0.3846	-0.95555145	-0.3675		0.1176	-2.14046624	-0.2517
	0.3078	-1.17830506	-0.3627		0.2941	-1.22383543	-0.3599
	0.0769	-2.5652494	-0.1973		0.3529	-1.04157055	-0.3676
	TOTAL				-1.2659	0.0588	-2.83361342
TOTAL			-1.2659		TOTAL		
P.2	0.0833	-2.48530673	-0.2070	P.9	0.5833	-0.53905365	-0.3144
	0.0833	-2.48530673	-0.2070		0.25	-1.38629436	-0.3466
	0.75	-0.28768207	-0.2158		0.0833	-2.48530673	-0.2070
	0.0833	-2.48530673	-0.2070		0.0833	-2.48530673	-0.2070
	TOTAL				-0.8368	TOTAL	
P.3	0.125	-2.07944154	-0.2599	P.10	0.2857	-1.25281297	-0.3579
	0.25	-1.38629436	-0.3466		0.7143	-0.33645224	-0.2403
	0.5	-0.69314718	-0.3466		TOTAL		
	0.125	-2.07944154	-0.2599	P.11	0.1333	-2.01515305	-0.2686
	TOTAL				-1.2130	0.1333	-2.01515305
P.4	0.05	-2.99573227	-0.1498		0.6667	-0.40541511	-0.2703
	0.1	-2.30258509	-0.2303		0.0667	-2.70755033	-0.1806
	0.65	-0.43078292	-0.2800		TOTAL		
	0.1	-2.30258509	-0.2303	P.12	0.5	-0.69314718	-0.3466
	0.05	-2.99573227	-0.1498		0.1111	-2.19732458	-0.2441
	0.05	-2.99573227	-0.1498		0.0556	-2.88957208	-0.1607
	TOTAL				-1.1899	0.1111	-2.19732458
P.5	0.5	-0.69314718	-0.3466		0.1667	-1.79155949	-0.2987
	0.4	-0.91629073	-0.3665		0.0556	-2.88957208	-0.1607
	0.1	-2.30258509	-0.2303		TOTAL		
	TOTAL			-0.9433	P.13	0.2	-1.60943791
P.6	0.8462	-0.16699954	-0.1413	0.0667		-2.70755033	-0.1806
	0.0769	-2.5652494	-0.1973	0.6667		-0.40541511	-0.2703
	0.0769	-2.5652494	-0.1973	0.0667		-2.70755033	-0.1806
	TOTAL			-0.5359		TOTAL	
P.7	0.5556	-0.58770667	-0.3265	TOTAL			-0.9534
	0.1111	-2.19732458	-0.2441	TOTAL			-0.9534
	0.3333	-1.09871229	-0.3662	TOTAL			-0.9534
	TOTAL			-0.9369	TOTAL		

Anexo 19. Cálculos realizados para determinar el índice de Simpson, por parcela presente en las tres categorías, área de estudio del Parque Ecológico Chatun.

N° de Parcelas	I. Simpson		
	$ni(ni-1)$	$N(N-1)$	$ni(ni-1)/N(N-1)$
P. 1	6	156	0.0385
	20	156	0.1282
	12	156	0.0769
	0	156	0.0000
	TOTAL		0.2436
P.2	0	132	0.0000
	0	132	0.0000
	72	132	0.5455
	0	132	0.0000
	TOTAL		0.5455
P.3	0	56	0.0000
	2	56	0.0357
	12	56	0.2143
	0	56	0.0000
	TOTAL		0.2500
P.4	0	380	0.0000
	2	380	0.0053
	156	380	0.4105
	2	380	0.0053
	0	380	0.0000
	0	380	0.0000
	TOTAL		0.4211
P.5	20	90	0.2222
	12	90	0.1333
	0	90	0.0000
	TOTAL		0.3556
P.6	110	156	0.7051
	0	156	0.0000
	0	156	0.0000
	TOTAL		0.7051
P.7	20	72	0.2778
	0	72	0.0000
	6	72	0.0833
	TOTAL		0.3611

N° de Parcelas	I. Simpson		
	$ni(ni-1)$	$N(N-1)$	$ni(ni-1)/N(N-1)$
P.8	6	272	0.0221
	2	272	0.0074
	20	272	0.0735
	30	272	0.1103
	0	272	0.0000
	TOTAL		0.2132
P.9	42	132	0.3182
	6	132	0.0455
	0	132	0.0000
	0	132	0.0000
	TOTAL		0.3636
P.10	12	182	0.0659
	90	182	0.4945
	TOTAL		0.5604
P.11	2	210	0.0095
	2	210	0.0095
	90	210	0.4286
	0	210	0.0000
	TOTAL		0.4476
P.12	72	306	0.2353
	2	306	0.0065
	0	306	0.0000
	2	306	0.0065
	6	306	0.0196
	0	306	0.0000
TOTAL		0.2680	
P.13	6	210	0.0286
	0	210	0.0000
	90	210	0.4286
	0	210	0.0000
	TOTAL		0.4571