



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de recursos naturales y el ambiente

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Relación entre la composición de la flora arbórea y
variables ambientales, dasométricas y silviculturales en dos
ecosistemas de la microcuenca “El Zapote”, Terrabona -
San Dionisio, Matagalpa, Nicaragua.**

Autores

Br. Gerald Alfredo Garmendia Alfaro

Br. José Gabriel Herrera Espinoza

Asesores

Lic. MSc. Miguel Garmendia Z.

Ing. MSc. Andrés Agustín López

Managua, Nicaragua

Mayo, 2018.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del ambiente

TRABAJO DE GRADUACION

Relación entre la composición de la flora arbórea y variables ambientales, dasométricas y silviculturales en dos ecosistemas de la microcuenca “El Zapote”, Terrabona - San Dionisio, Matagalpa, Nicaragua.

Autores:

Br. Gerald Alfredo Garmendia Alfaro
Br. José Gabriel Herrera Espinoza

Asesores:

Lic. MSc. Miguel Garmendia Z.
Ing. MSc. Andrés Agustín López

Managua, Nicaragua
Mayo, 2018.

HOJA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la **Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente** como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Forestal

Miembros del tribunal examinador:

Presidente

Secretario

Vocal

Managua, Nicaragua
Mayo, 2018.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTO	<i>ii</i>
DEDICATORIA	<i>iii</i>
AGRADECIMIENTO	<i>iv</i>
INDICE DE CUADROS	<i>v</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>vi</i>
INDICE DE ANEXOS	<i>vii</i>
RESUMEN	<i>viii</i>
ABSTRACT	<i>ix</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio	4
3.1.1. Ubicación de la microcuenca	4
3.1.2. Descripción del área de estudio	5
3.2. Procedimiento metodológico	7
3.2.1. Identificación de relaciones entre las especies arbóreas, variables ambientales, dasométricas y tipos de ecosistemas	7
3.2.2. Determinación de la asociación entre la composición de especies con las variables silviculturales	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. Descripción general de la diversidad de flora en ambos ecosistemas estudiados	14
4.2. Identificación de relaciones entre las especies arbóreas, variables ambientales, dasométricas y tipos de ecosistemas	16
4.2.1. Asociación entre las especies y las variables ambientales y dasométricas	19
4.2.2. Relación entre la abundancia de las especies, las variables dasométricas y ambientales	20
4.3. Determinación de la asociación entre las especies, la iluminación y	25

	presencia de lianas	
	4.3.1. Iluminación	25
	4.3.2. Presencia de lianas	27
V.	CONCLUSIONES	29
VI.	LITERATURA CITADA	30
VII.	ANEXOS	36

DEDICATORIA

ESTE TRABAJO ESTÁ DEDICADO A LA MEMORIA DE
ING. KAYLEN IVONNE SMART ALEMÁN!

Gerald Garmendia A.

AGRADECIMIENTO

Mis eternos agradecimientos siempre irán dirigidos hacia ese incondicional apoyo por parte de mi padre; Marvín Alfredo Garmendia Galeano y mi madre; Dolores del Socorro Alfaro González, les amo. Muchas gracias por brindarme los dos mejores regalos de este mundo... ¡Acceso a la vida y educación!

A mi hermana Indira Garmendia Alfaro por tu apoyo y ganas sinceras de verme feliz en la vida. ¡Te amo mucho Siiiiil!

Agradecimientos sinceros a nuestros asesores MSc. Lic. Miguel Garmendia y MSc. Ing. Andrés López quienes realizan un trabajo excepcional como docentes y tutores de la investigación en el ámbito de los recursos naturales. Gracias por compartir ese gran conocimiento, base fundamental para la realización de este trabajo.

Y por ultimo agradecerle a todas esas personas que en algún momento me brindaron un buen consejo haciéndome pensar mejor las cosas, unas cuantas carcajadas para hacer más pasajeros momentos hostiles o bien el brindarme su amena compañía, les deseo lo mejor a todxs

Como dijo el poeta de la ciudad de la furia: ¡Gracias... totales!

Gerald Garmendia A.

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado, por ello con toda la humildad que mi corazón puede emanar se dedica primeramente este trabajo a Dios.

De igual forma dedico este trabajo de tesis a mis padres: Patricia María Espinoza y Roberto José Herrera que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, los cuales me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mis hermanos que durante todo el proceso de mis estudios he contado con su apoyo incondicional.

A mis compañeros presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas, y a todas las personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y logrando que este sueño se haga realidad.

¡Gracias a todos!

José Gabriel Herrera Espinoza

AGRADECIMIENTO

La universidad me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, y gracias a ella, he acumulado experiencias para el éxito de hoy.

Agradezco infinitamente a mis tutores MSc. Lic. Miguel Garmendia Zapata y MSc. Ing. Andrés Agustín López por el apoyo que en todo momento me brindaron, sin su ayuda y conocimientos no hubiese sido posible realizar esta tesis, por su disposición y paciencia durante la realización del estudio.

De igual manera al Lic. Benito Quezada y MSc. Alfredo Grijalva por su tiempo y ayuda que brindaron en una de las etapas más importantes de la tesis, a todos y cada uno de los profesores dentro y fuera de la Universidad Nacional Agraria que ayudaron a que esta tesis fuese posible.

A mis padres que siempre me dieron su apoyo y confianza para llegar a culminar esta gran etapa de mi vida. Este gran logro en gran parte es gracias a ustedes, he logrado concluir con éxito un proyecto más en mi vida, que en un principio podría parecer una tarea titánica e interminable, pero gracias a personas como ustedes esto fue posible.

¡Gracias por todo!

José Gabriel Herrera Espinoza

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS		PÁGINA
1.	Resumen de las 11 especies más abundantes de la comunidad arbórea en la microcuenca “El Zapote” (con base en 1745 individuos muestreados con $DAP \geq 10$ cm).	14
2.	Especies más abundantes en el Bosque y el Sistema Agroforestal, cantidades expresadas en número de individuos.	17
3.	Resultados del Análisis de Especies Indicadoras.	18
4.	Descripción general de los valores de las variables ambientales y dasométricas	20
5.	Matriz de correlación entre la abundancia total de especies, las variables ambientales y dasométricas.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
1.	Ubicación de la microcuenca “El Zapote” con respecto a los municipios de Terrabona y San Dionisio; Abajo – izquierda, ubicación del departamento de Matagalpa en Nicaragua; Abajo derecha, ubicación de los municipios de Terrabona y San Dionisio en el Dpto. de Matagalpa.	5
2.	Mapa en el que se ubican las 50 parcelas seleccionadas aleatoriamente utilizando Sistema de Información Geográfica, en la microcuenca “El Zapote”.	8
3.	Resultado del Escalamiento Multidimensional no métrico (NMS) solamente se muestran las especies y las variables con $R^2= 0.15$ y los polígonos que agrupan a las parcelas establecidas en el bosque y en el sistema agroforestal.	24
4.	Número de individuos por categorías de iluminación reportados en la comunidad arbórea de la microcuenca “El Zapote”.	25
5.	Número de individuos por presencia de lianas reportados en la comunidad arbórea de la microcuenca “El Zapote”.	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS		PÁGINA
1.	Formato de campo para el registro de variables dasométricas y silviculturales y de coordenadas UTM de las unidades de muestreo en la microcuenca “El Zapote”.	36
2.	Fotografías del área de muestreo y colecta de datos en campo.	37

RESUMEN

El conocimiento de la composición de la flora arbórea y su relación entre diferentes variables ambientales, dasométricas y silviculturales son parte del manejo sostenible, por lo que pueden ser utilizadas para una adecuada planificación y estrategias de conservación. El área de estudio corresponde a una zona de transición entre bosque seco tropical y bosque húmedo premontano de 500 ha, ubicado en la microcuenca “El Zapote” entre los municipios de Terrabona y San Dionisio, Matagalpa. Se establecieron 50 unidades de muestreo donde se tomaron datos de variables ambientales (elevación, pendiente, radiación solar, suelo) dasométricas (diámetro a la altura del pecho, altura total del árbol), y silviculturales (presencia de lianas e iluminación) calculando sus relaciones y asociaciones mediante análisis estadísticos de permutación y ordenación. Se contaron un total de 1,745 individuos arbóreos, distribuidos en 110 especies, 83 géneros y 37 familias. Se determinó que la composición de la flora arbórea entre los ecosistemas bosque y el sistema agroforestal de café con sombra es significativamente diferente, las especies indicadoras para cada ecosistema fueron: *Guettarda macrosperma*, *Daphnopsis americana*, *Oreopanax capitatus*, *Trichilia havanensis* para el bosque y *Gliricidia sepium* y *Platymiscium parviflorum* para el SAF. En términos de las variables ambientales, solamente la elevación se asoció con la abundancia de algunas especies, de forma positiva con *Daphnopsis americana* y *Stemmadenia donnell-smithii* y de forma negativa con *Guazuma ulmifolia*. La mayoría de los árboles (61%) tienen iluminación parcial y estaban libres de lianas (84%). La microcuenca “El Zapote” comprende una composición de flora arbórea muy diversa, influenciada tanto por las condiciones naturales como por acciones antrópicas.

Palabras claves: Ecosistema, Microcuenca, Sistemagroforestal, Composición de flora arbórea, Variables ambientales, dasométricas, silviculturales.

ABSTRACT

The knowledge of the composition of arboreal flora and their relationship between different environmental, dasometric and silvicultural variables are part of sustainable management, so they can be used for proper planning and conservation strategies. The study area corresponds to a transition zone between tropical dry forest and humid premontane forest of 500 ha, located in the "El Zapote" Micro-basin between the municipalities of Terrabona and San. Dionisio, Matagalpa. 50 sampling units were established where data of dasometric variables were taken (diameter at breast height, tree height), environmental (elevation, slope, solar radiation, soil) and silvicultural variables (presence of lianas and lighting) calculating their relationships and associations by statistical analysis of permutation and ordination. A total of 1,745 individuals arboreal were counted, distributed in 110 species, 83 genders and 37 families. It was determined that the composition of arboreal flora between the forest ecosystems and the Agroforestry System (SAF) of coffee with shade is significantly different, so that each one has different types of indicator species, the species *Guettarda macrosperma*, *Daphnopsis americana*, *Oreopanax capitatus*, *Trichilia havanensis* were significantly associated with the forest and the species *Gliricidia sepium* and *Platymiscium parviflorum* with the SAF. In terms of environmental variables, only elevation was associated with the abundance of some species, positively with *Daphnopsis americana* and *Stemmadenia donnell-smithii*, and negatively with *Guazuma ulmifolia*. Most of the trees (61%) have partial lighting and they were free of lianas (84%). The micro-basin "El Zapote" comprises a composition of arboreal flora very diverse, influenced as much by the natural conditions as by anthropic actions.

Keywords: Ecosystem, Micro-basin, Agroforestry system, Composition of arboreal flora, Variables environmental; dasometric; silvicultural.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua, la tierra más joven (recién formada) del istmo Centroamericano (PNUD, 2001) se encuentra en un interesante punto de unión fitogeográfico entre las floras del norte y sur del continente americano (Stevens *et al*, 2001). Contiene gran variedad de condiciones ambientales, resultado de las diversas formas de conjugación de los factores del medio ambiente (Salas, 1993). Nicaragua tiene 68 tipos de ecosistemas, lo cual corresponde al 60% de los ecosistemas en Centroamérica (MARENA, 2010). Estudios enfocados en resaltar la importancia de la flora nacional, deben contemplar el resguardo de la biodiversidad como nuestro patrimonio natural, la conservación y uso sostenible de vegetación natural.

La región norcentral (Región Ecológica II) de Nicaragua en términos generales, es la más templada a excepción de pequeños sectores de tierras calientes. Presenta las mayores altitudes del país que se alternan con medianas áreas de colinas y planicies, lo cual da como resultado una gran variedad en la vegetación y su composición florística (Salas, 1993). En esta región, se ubicó como área de estudio la unidad hidrográfica bimunicipal “El Zapote” en los municipios de Terrabona y San Dionisio del departamento de Matagalpa. La vegetación natural de este sector es concerniente a la de una zona transicional entre bosque seco tropical y bosque húmedo premontano de la región norcentral (Salas, 1993).

Las herramientas ecológicas, tales como el conocimiento de las comunidades arbóreas y su relación interactuante entre diferentes factores ambientales, variables dasométricas y de silvicultura son parte importante en el manejo forestal y manejo de paisajes con objetos de sostenibilidad, por lo que pueden ser utilizadas para una adecuada planificación, ordenamiento y estrategias de conservación (Doblado, 2011).

La falta de estudios científicos que generen información antecesora y especialmente del estado actual de la vegetación, es la principal causa indirecta de la deforestación y fragmentación de la cobertura boscosa del sitio. Esta causa y efecto se evidencia a nivel de país, ya que la publicación de un último reporte por parte del INAFOR (2008) concerniente a la deforestación en Nicaragua fue hace más de una década (para ese entonces la tasa deforestación oscilaba entre las 70,000 ha⁻¹), precisamente este desconocimiento sobre el estado de la vegetación, posiciona a la deforestación de los bosques como la primera problemática socioambiental de Nicaragua (Gutiérrez, 2012). Por

tales motivos muchas comunidades o tipos de bosques en el país, están desapareciendo sin haber sido analizados y/o identificados.

Para esta investigación se determinaron las relaciones entre la composición de la flora arbórea, variables ambientales (pendiente, elevación, radiación solar, pH del agua en el suelo, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total); dasométricas (DAP., altura total) y silviculturales (iluminación y presencia de lianas) en dos ecosistemas; bosque natural (Bosque) y sistema agroforestal (SAF) a fin de identificar las variables más influyentes en la composición florística arbórea, comprobar diferencias entre la composición del bosque y los SAF café con sombra, definiendo sus especies indicadoras . Así mismo determinar el estado de calidad silvicultural de la comunidad arbórea en la microcuenca “El Zapote”.

Los resultados son importantes para el establecimiento de pautas en la conservación y conocimientos de las comunidades arbóreas: su composición florística, especies características así como las condiciones ambientales en las que habitan. La información contemplada en este estudio adicionalmente puede ser utilizada por la comunidad educativa en general, así como para los tomadores de decisiones de gobiernos locales y el central, en aras de conservar sosteniblemente las comunidades arbóreas que representan el mayor recurso forestal de la microcuenca “El Zapote”.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Determinar las relaciones entre la composición de la flora arbórea, variables ambientales, dasométricas y silviculturales en dos ecosistemas; bosque natural y sistema agroforestal en el área de estudio.

2.2 Objetivos específicos:

1. Identificar relaciones entre las especies arbóreas, variables ambientales, dasométricas y tipos de ecosistemas.
2. Determinar asociación entre la composición de especies con variables silviculturales (iluminación y presencia de lianas).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

En ésta sección se describirá la metodología utilizada para alcanzar los objetivos de éste estudio. La sección está conformada por dos subtemas: Ubicación y descripción del área de estudio y procedimiento metodológico. En el primer subtema se presenta información específica para ubicar y describir las características principales del área de estudio. Se describen de una forma puntual las condiciones climáticas, la vegetación y aspectos socioeconómicos. En el segundo subtema se explica de forma detallada los pasos seguidos para lograr la toma y administración de datos, y la los subsecuentes análisis, con los cuales se generarán los resultados.

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

La ubicación y la descripción del área de estudio se abordarán por separado, a continuación se presenta la información correspondiente a cada punto.

3.1.1. Ubicación de la microcuenca

La microcuenca “El Zapote” se encuentra compartida entre los municipios de Terrabona y San Dionisio del departamento de Matagalpa, región ecológica II de Nicaragua (Salas, 1993) comprendida entre las coordenadas 12°46'32.91"N, 85°55'57.41"O y 12°46'26.97"N, 85°54'59.92"O y 12°42'10.42"N, 85°52'3.62"O y 12°41'34.53"N, 85°55'37.72"O. La microcuenca presenta una extensión territorial de 17.72 km² de los cuales aproximadamente solo un 28 % están cubiertos por bosque.

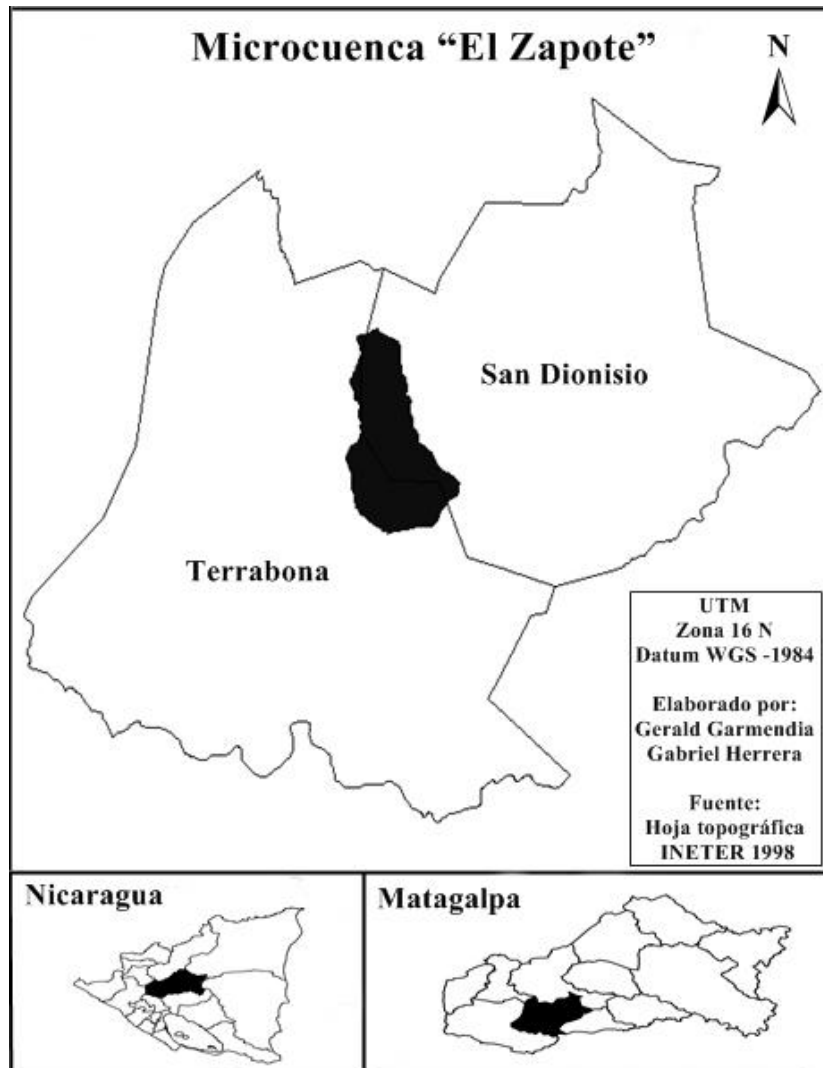


Figura 1. Ubicación de la microcuenca “El Zapote” con respecto a los municipios de Terrabona y San Dionisio; Abajo – izquierda, ubicación del departamento de Matagalpa en Nicaragua; Abajo derecha, ubicación de los municipios de Terrabona y San Dionisio en el Dpto. de Matagalpa.

3.1.2. Descripción del área de estudio

Condición Climática

El clima es de sabana tropical, con precipitaciones que varían entre los 800 a 1,200 mm anuales cuando se acentúa la estación seca y hasta de 2,300 mm anuales con la estación húmeda. En las pequeñas áreas que ocupan las cimas de los cerros se registran precipitaciones entre 2,500 a 3,000 mm anuales. La estación lluviosa dura aproximadamente seis meses (mayo – octubre). Con una temperatura media anual que oscila entre 21° y 30°C (CYRES, 1984).

Vegetación

Este tipo de vegetación se sitúa en una zona transicional, perteneciente al bosque seco tropical y bosque húmedo premontano de la región norcentral de Nicaragua. En la parte baja (200 a 500 m.s.n.m) la formación forestal zonal comprende bosques medianos o altos de zonas moderadamente cálidas y semihúmedas, mientras la parte alta (500 a 1,000 m.s.n.m) está conformada por bosques medianos o altos subperennifolios de zonas frescas y húmedas (Salas, 1993).

Considerando las claves de descripción de los ecosistemas y formaciones vegetales de Nicaragua de Meyrat (2006). Parte de la vegetación de esta zona es concerniente a la de un bosque siempreverde estacional submontano, donde sus altitudes oscilan entre los 600 y 1,100 m.s.n.m. Lluvia de 1,200 a 1,800 mm al año, de mayo a diciembre con temperaturas medias anuales de 21 a 24°C (INETER, 1989).

Condiciones edáficas

En la microcuenca “El Zapote” predominan suelos negros, pertenecientes a los órdenes “molisoles y vertisoles”. Los Molisoles son por lo general suelos bien drenados, moderadamente profundos relieve plano a muy escarpado, fertilidad media, desarrollados de rocas basálticas, con abundantes raíces medias y finas, pH entre 5.88 a 6.75 y materia orgánica 6.03%. Los vertisoles en general son de suelos profundos; drenaje imperfecto a pobres, fertilidad media, relieve plano, con pH 6.76, materia orgánica 5.30% en el área de estudio (Acuña y Mendoza, 2016).

Socioeconómico

El principal rubro y aporte a la economía local de la zona es el café, creando empleos mayormente temporales de índole informal. En la microcuenca se encuentran doce comunidades de personas de quienes se observan conflictos de límite territorial, ya que la mitad de la microcuenca se divide entre los gobiernos municipales de Terrabona y San Dionisio. Es una zona con problemas de agua, muchas de las familias tienen que caminar grandes distancias para abastecerse de agua de los pozos y cuando la estación seca se acentúa el problema del agua se agudiza. La falta de apoyo de autoridades, la poca frecuencia y ausencia de organismos no gubernamentales dificulta el progreso y desarrollo socioeconómico en la zona (Espinoza y Vernooy, 1998).

3.2. Procedimiento metodológico

En el siguiente subtema se explica el procedimiento específico para la toma de datos de campo y para el análisis de los mismos, según los objetivos planteados. Los temas abordados en ésta sección son: Identificación de relaciones entre las especies arbóreas, variables ambientales, dasométricas y tipos de ecosistemas y determinación de asociaciones entre la composición de especies con variables silviculturales.

3.2.1. Identificación de relaciones entre las especies arbóreas, variables ambientales, dasométricas y tipos de ecosistemas.

En este acápite se describen las unidades y el diseño de muestreo, la toma de datos y el análisis de la información para lograr la identificación de relaciones entre las especies arbóreas, variables ambientales, dasométricas y tipos de ecosistemas.

Unidad y diseño de muestreo

Para la colecta de la información de campo se establecieron parcelas rectangulares de 20 x 50 m (0.1 ha) como unidades de muestreo, con orientación Norte/Sur y Este/Oeste. La selección de los sitios en donde se establecieron las unidades de muestreos se realizó utilizando un diseño de muestreo completamente aleatorio, para ello primero se delimitó el área efectiva de muestreo correspondiente a las áreas de bosque de la microcuenca con el uso de Sistemas de Información Geográficos (SIG) mediante la técnica visual de interpretación de ortofotosdigitales (Bing Aereal), determinándose un área de bosque de 500 ha.

Seguidamente se aleatorizaron las parcelas, utilizando la herramienta de aleatorización (*Random*), disponible en el programa de computo *ArcGIS 10.2*, Esta creó una secuencia de 100 puntos aleatorios dentro de la entidad del polígono (área total de bosque) mediante un algoritmo de partición de polígono estándar, el cual estratifica en triángulos de distintos tamaños el polígono para luego ubicar los puntos dentro de un paralelogramo creado por los dos ejes del triángulo (Esri, 2013). La utilización del procedimiento se justifica porque es una aplicación exacta en cuanto a las leyes de la probabilidad sus resultados tienen una alta confiabilidad, son imparciales y consistentes. (Orozco y Brumér 2002). De los 100 puntos distribuidos únicamente se utilizaron 50 de ellos, correspondientes a un esfuerzo de muestreo de 1% con respecto al área total de bosque, lo

cual se consideró suficiente según el establecimiento de un inventario con objeto de manejo sostenible, el tiempo de trabajo y los recursos económicos disponibles (Figura 2).

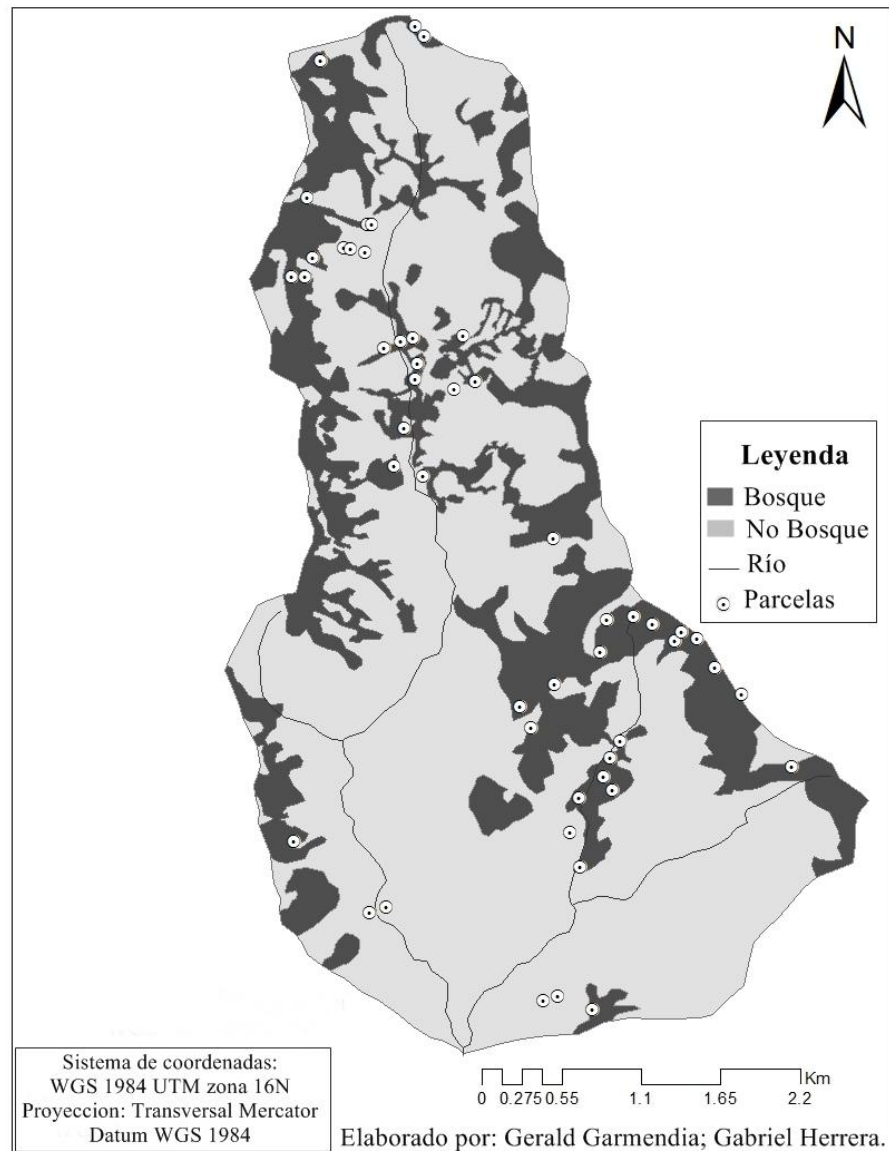


Figura 2. Mapa en el que se ubican las 50 parcelas seleccionadas aleatoriamente utilizando Sistema de Información Geográfica, en la microcuenca “El Zapote”.

El mapa con los 50 puntos fue impreso y sirvió de guía al personal de campo, quienes utilizaron un receptor GPS (Global Positioning System) GARMIN® a fin de encontrar los puntos dentro del área de estudio.

Toma de datos y variables medidas

Establecida cada parcela, se procedió a muestrear todos los individuos de flora arborescente con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) ≥ 10 cm y su altura total. Las variables evaluadas fueron el número de individuo y los tipos de especies. Las identificaciones se realizaron utilizando guías ilustradas de flora arborescente; colecta de especímenes y visitas a los herbarios de la UNA (Universidad Nacional Agraria) y UCA (Universidad Centroamericana) o visitas a expertos en sistemática vegetal. Dentro de cada parcela se tomaron variables ambientales, entre las cuales están: pendiente, elevación, radiación solar y suelo (pH/H₂O, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total).

Variables dasométricas

El diámetro a la altura del pecho es la medida más típica de un árbol, se representa abreviando las letras DAP, sirve de base para mediciones y estimaciones de crecimiento, clasificación, etc. Con esta medida se conoció el diámetro que tiene el fuste del árbol a una altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo y su medición se efectuó con una cinta diamétrica que en un lado presenta escalas para longitudes y en el otro el equivalente a diámetros graduados a base de la relación:

$$\text{Diámetro} = \frac{\text{Circunferencia}}{\pi} \text{ (Ugalde, 1981).}$$

La altura total es la longitud desde la base del árbol sobre la superficie del suelo hasta su ápice (Melo y Vargas, 2003), es una variable necesaria para estimar el volumen, crecimiento, para la clasificación de sitios, etc. La estimación de la altura total se realizó utilizando un clinómetro Suunto a una distancia de 15 m lineales entre operario y árbol, medidos con cinta métrica de 50 m. Apuntando la vista horizontal a la base del árbol, para luego apuntar al ápice final del mismo esto permitió calcular los grados de los ángulos de elevación y relacionarlos con la distancia constante de 15 m divididos entre cien.

Con experiencia de los operarios, también se tomaron medidas estimadas visualmente, tomando en cuenta lo que Synnott (1991) indica, “es posible estimar las alturas ‘a ojo’, con una precisión de uno a dos metros, con un chequeo regular para verificar las estimaciones”.

Variables ambientales

Los datos de las variables elevación (m.s.n.m), pendiente (%) y radiación solar (WH/m^2) se determinaron utilizando el programa de computo *ArcGIS 10.2*, mediante la extensión *Spatial Analyst* a través de sus herramientas de geoprocamiento. Con las herramientas de superficie, se puede cuantificar y visualizar curvas de nivel, ángulo de pendiente etc. representadas por un modelo de elevación digital. Mientras con el uso de las herramientas de análisis de radiación solar se puede determinar la insolación entrante (radiación global, directa y difusa) a través de un área geográfica (Esri, 2013).

Las muestras de suelos se tomaron dentro de cada parcela establecida en los ecosistemas. Para la extracción, se utilizó una pala con la que se obtuvo muestras de suelo hasta una profundidad de 20 cm, siendo estas etiquetadas y almacenadas en bolsas desechables para luego ser analizadas en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria. En el laboratorio se determinaron: el pH del agua en el suelo ($\text{pH/H}_2\text{O}$), la materia orgánica (MO), el carbono orgánico (CO) y el nitrógeno total (N- total).

Análisis de la información colectada

En términos de análisis se calculó la abundancia y la riqueza de especie para la cobertura de la vegetación del área de muestreo. La abundancia determinada como variable independiente para el asocio con las variables ambientales y dasométricas correspondió a la suma del número de individuos por especie o por parcela; la riqueza de especie correspondió a la suma del número de especies. Adicionalmente, se cuantificaron las especies más abundantes en base al número de individuos; familias más abundantes en base al número de especies y especies raras. Para ello se utilizó la escala propuesta por Tansley y Chipp (1926) quienes reconocen cinco categorías cualitativas.

1. Muy abundantes: + del 80% de la muestra
2. Abundantes: Entre el 60 y el 80% de la muestra
3. Poco abundantes: Entre el 40 y el 60% de la muestra
4. Escasas: Entre el 20 y el 40% de la muestra
5. Raras: Menos del 20% de la muestra

Para demostrar diferencias significativas en la abundancia de individuos y especies observadas entre los ecosistemas: bosque natural (bosque) y Sistema Agroforestal de café con sombra (SAF), se utilizó la prueba T y la prueba Chi-cuadrado (X^2). La diferencia entre los ecosistemas en términos de la composición florística arbórea se exploró con el uso del Procedimiento de Permutación Multirespuesta (MRPP por sus siglas en inglés) (McCune y Grace, 2002), utilizando el programa estadístico PC-ORD versión 5.0 (McCune y Mefford, 2006).

Al aplicar MRPP, se realiza una comparación fiable entre dos subconjuntos de medias y se evita una serie de condiciones que pueden presentarse cuando se utilizan técnicas estadísticas paramétricas como: la normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos, supuestos que no se cumplen frecuentemente cuando se trabaja con datos ecológicos. En el caso del MRPP y similar a otros métodos estadísticos no paramétricos, depende únicamente del conjunto de datos a tratar sin tener que hacer ninguna suposición sobre ellos (Rubio y Escribano, 2001; Cony, 2009). Todas las pruebas estadísticas se realizaron a un nivel de significancia de 0.05.

Así también, para determinar las especies características o indicadoras dentro de la composición florística arbórea de cada ecosistema, se aplicó un Análisis de Especies Indicadoras, la cual combina información sobre la concentración de la abundancia y la frecuencia de una especie en un ecosistema particular, empleando la prueba estadística Monte Carlo con 5,000 aleatorizaciones (McCune y Grace 2002), utilizando el programa estadístico PC-ORD versión 5.0 (McCune y Mefford, 2006).

Se aplicó estadística descriptiva para determinar los valores de la media, desviación estándar, máximo y mínimo de las variables en cuestión (DAP, altura total, pendiente, elevación, radiación solar, pH/H₂O, MO, CO y N), para ello se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al*, 2015).

A fin de explorar las relaciones entre las variables dasométricas, ambientales y las especies se elaboró una ordenación utilizando el método de Escalamiento multidimensional no métrico (NMS por sus siglas en inglés) que es un método efectivo de clasificación mediante un análisis de correspondencia (asociación) de especies, variables – parcelas (McCune y Grace 2002). Las asociaciones evidenciadas en la ordenación fueron examinadas de una forma más detallada utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, el cual permite determinar la fuerza, dirección y significancia de las relaciones. Para elaborar la ordenación se utilizó el programa PC-ORD

(McCune y Mefford, 2006.) y para calcular las correlaciones se utilizó el programa InfoStat. (Di Rienzo *et al*, 2015).

3.2.2. Determinación de la asociación entre la composición de especies con variables silviculturales.

Parte de éste trabajo consistió en analizar información relacionada a las variables silviculturales: iluminación y presencia de lianas a fin de valorar la calidad silvicultural de la comunidad arbórea en la microcuenca “El Zapote”. A continuación se describe cómo se tomaron los datos de éstas variables y cómo se analizó la información.

Toma de datos y variables medidas

Iluminación

La iluminación consiste en la luz solar recibida por un individuo arbóreo en los diferentes escenarios del día: por la mañana, mediodía y tarde. La estimación se empleó en un momento dado del día, y conforme a la posición que ocupaba el individuo en los diferentes estratos del bosque se contempló la posible incidencia de luz solar recibida por el mismo durante todo el día. Para cuantificar la variable se asignaron según Carrera (1994), categorías nominales de iluminación, editando y tomando en cuenta únicamente las siguientes categorías:

Categoría 1: Iluminación vertical plena; cuando el árbol recibe luz solar durante todo el día, en todas las direcciones.

Categoría 2: Iluminación vertical parcial: el individuo arbóreo recibe luz solar solo en un momento del día, en una o dos direcciones.

Categoría 3: Sin ninguna iluminación: cuando el árbol no recibe luz solar, en ningún momento del día.

Presencia de lianas

En éste estudio se considera liana a toda planta trepadora delgada y alargada propias de las selvas tropicales, las cuales escalan los árboles y habitan sobre sus copas, sin embargo éstas pueden llegar a superar el grado de tolerancia de un individuo arbóreo de tal forma que afecta su crecimiento en edades tempranas, principalmente, reduciendo su capacidad de vida y desarrollo (Toledo, 2010). Para cuantificar la variable se asignaron categorías nominales, editando y tomando en cuenta únicamente las siguientes categorías (Louman *et al* 2001):

Categoría 0: Sin lianas o libre de lianas.

Categoría 1: Lianas en el fuste.

Categoría 2: Lianas en la copa.

Categoría 3: Lianas en el fuste y la copa.

La técnica empleada fue la observación completa del individuo desde su base hasta la copa del árbol, en busca de presencia o ausencia de lianas, registrando la información en formularios previamente elaborados.

Análisis de la relación especies arbóreas y variables silviculturales

La relación entre las especies, variables de iluminación y presencia de lianas se determinaron por medio de tablas de contingencia con Chi-Cuadrado para explorar asociaciones entre las especies y las diferentes condiciones categóricas de ambas variables silviculturales. Estas tablas son una de las más comunes para resumir datos categóricos, las cuales se centran en estudiar si existe alguna asociación entre una variable y otra variable y/o calcular la intensidad de dicha asociación, en este caso de manera porcentual (Marín, sf).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción general de la diversidad de flora en ambos ecosistemas estudiados

Dentro de las unidades de muestreo se registraron un total de 1,745 individuos con $DAP \geq 10$ cm, distribuidos en 110 especies, 83 géneros y 37 familias. Las especies más abundantes según el número de individuos por hectárea: *Guazuma ulmifolia* (42.4 árb/ha.), *Lonchocarpus chiangii* (31.8 árb/ha.), *Trichilia havanensis* (23 árb/ha.), *Platymiscium parviflorum* (17.8 árb/ha.), *Cordia alliodora* (15 árb/ha.), *Inga vera* (11.2 árb/ha.), *Thouinidium decandrum* (9.8 árb/ha.) y *Daphnopsis americana* (9.6 árb/ha). Estas ocho especies juntas representaron el 46 % de los individuos totales (Cuadro 1). El resto de las especies tenían abundancias menores al 2.5%.

Cuadro 1. Resumen de las 11 especies más abundantes de la comunidad arbórea en la microcuenca “El Zapote” (con base en 1,745 individuos muestreados con $DAP \geq 10$ cm).

Espece	N° árb/ha	%
<i>Guazuma ulmifolia</i>	42.4	12.14
<i>Lonchocarpus chiangii</i>	31.8	9.11
<i>Trichilia havanensis</i>	23	6.59
<i>Platymiscium parviflorum</i>	17.8	5.1
<i>Cordia alliodora</i>	15	4.3
<i>Inga vera</i>	11.2	3.21
<i>Thouinidium decandrum</i>	9.8	2.81
<i>Daphnopsis americana</i>	9.6	2.75
<i>Guettarda macrosperma</i>	8.6	2.46
<i>Lonchocarpus phlebophyllus</i>	7.4	2.12
<i>Sapium macrocarpum</i>	6.4	1.83

El estado de fragmentación, fuertes y continuas intervenciones antrópicas que ha sufrido estos bosques en el tiempo, han reducido considerablemente su número de individuos por especies (Espinoza y Vernooy, 1998), pero si bien para la mayoría de especies arbóreas la fragmentación y cambio de uso de suelos son significado de escasez y extinción (Velázquez *et al*, 2002), para otras especies como: *D. americana*, *G. ulmifolia*, *T. havanensis*, *P. parviflorum* y *C. alliodora*, son causas de aumento (siempre que exista algún remanente), siendo que estas especies pertenecen al tipo de vegetación asociadas a condiciones de intervención en los bosques secos o húmedos tropicales, ya que por ser especies pioneras en sitios abiertos o perturbados, colonizan estas áreas dando inicio a la regeneración natural (Ricardo y Rosete 1999; Lott y Atkinson 2010; Quezada *et*

al 2012). Y si estos sitios no son nuevamente ocupados para fines agropecuarios la sucesión secundaria se establecerá revirtiéndose, a lo largo del tiempo en un bosque maduro.

Otra de las distintivas del área en estudio, es que se encuentra localizada entre los 700 y 1,200 m.s.n.m (Meyrat, 2006) donde el sistema agroforestal café con sombra (SAF) se desarrolla muy bien, siendo el principal rubro de esta región. Entre el elemento arbóreo que complementa al ecosistema se encontraron especies como *Lonchocarpus chiangii* quien desde su descubrimiento e inserción a la Flora de Nicaragua en el año 1,999 se registra especialmente entre los 600 a 1,400 m.s.n.m (Sousa, 1999). Altitudes similares al de la presente zona. La especie *L. chiangii* para este estudio fue mayormente reportada en los SAF de café inclusive llegando a cubrir muchos cafetales bajo sombra únicamente con esta especie. Así también *Inga vera*, una de las especies con más experiencias en el uso para sombra en cafetales del neotrópico (Rodríguez, 1990). El establecimiento de estas especies en los sistemas agroforestales ha contribuido significativamente con su abundancia ya que sus números de individuos en el ecosistema natural son muy bajos considerando que son especies nativas.

Entre las familias más abundantes según el número de especies se encontraron: Fabaceae (29 especies), Meliaceae (8), Annonaceae (5), Rubiaceae (5), Anacardiaceae (4), Boraginaceae (4), Moraceae (4), Myrtaceae (4) y Polygonaceae (4). El resto de las familias estaban representadas por menos de cuatro especies.

La familia más abundante en relación al número de especies para este estudio es análogamente la más diversa del planeta en cuanto a plantas con flores, después de las orquídeas (Orchidaceae) y compuestas (Asteraceae) existen 727 géneros y 19,325 especies. Su distribución es de carácter cosmopolita especialmente en las tierras bajas y medias (Lewis *et al*, 2005). En Nicaragua la Fabaceae tratada en sentido amplio, incluyendo Mimosaceae y Caesalpiniaceae (grupo leguminoseae) sería la segunda familia más grande, casi tan grande como Orchidaceae (Stevens *et al*, 2001).

Las especies encontradas solamente una vez fueron: *Acacia angustissima*, *Annona cherimola*, *Annona purpurea*, *Citrus aurantifolia*, *Coccoloba floribunda*, *Ficus obtusifolia*, *Guarea grandiflora*, *Pinus tecunumanii*, *Piper Sp.*, *Sapranthus violaceus*, *Stemmadenia grandiflora*, *Styrax sp.*, *Wigandia urens* y *Pochota fendleri*, Siendo que estas especies son comúnmente encontradas en diversos ecosistemas del trópico seco a excepción del *P. tecunumanii*, su poca

abundancia está influenciada por el solapamiento entre tipos climáticos, ya que al encontrarse en una zona de transición se crean distintos gradientes ambientales (Blasi *et al*, 1999), que repercuten en la limitación de su distribución natural y como consecuencia su poca abundancia.

4.2. Identificación de relaciones entre las especies arbóreas, variables ambientales, dasométricas y tipos de ecosistemas.

La abundancia total de individuos encontrados fue mayor en el bosque (1,186 individuos), en relación con el sistema agroforestal (SAF) (559), con diferencias significativas ($p < 0.001$). Lo cual indica que un importante número de individuos de la comunidad arbórea se sitúan mayormente en el bosque natural. Cuando esta comparación se realiza, usualmente las abundancias más bajas son reportadas para los SAF (ya sean de café o cacao) en relación a bosques intactos (Mendieta y Rocha, 2007), pero también en áreas de bosques intervenidos o fragmentados según lo demuestran Matey *et al*, (2013) y Jadán, *et al* (2016) en sus respectivos estudios. Por su parte la cantidad de especies en el bosque (96 especies) fue mayor comparado con el SAF con café (77), sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($p = 0.15$). Esto nos indica que presuntamente la riqueza de especies en el bosque se encuentre en relativa similitud con la de los SAF en toda la comunidad arbórea que corresponde a la microcuenca “El Zapote”.

En el cuadro 2 se presentan las especies más abundantes en ambos ecosistemas: *Guazuma ulmifolia*, *Lonchocarpus chiangii* y *Platymiscium parviflorum*, siendo que estas especies son nativas del ecosistema boscosos en la zona. Se presume que se han introducido a los SAF por medio natural (regeneración natural) principalmente para *G. ulmifolia* ya que es una especie pionera y según Rolim y Chiarello (2004) los SAF son buenos sitios para la regeneración natural de especies pioneras y secundarias. Así también por medio antrópico siendo el de mayor incidencia en la abundancia de las especies *L. chiangii* y *P. parviflorum*, ya que los productores permiten la presencia de estas especies en los SAF para extraer de ellos bienes adicionales.

Cuadro 2. Especies más abundantes en el Bosque y el Sistema Agroforestal, cantidades expresadas en número de individuos.

Especies	Bosque	SAF
<i>Cordia alliodora</i>	57	
<i>Daphnopsis americana</i>	46	
<i>Guazuma ulmifolia</i>	111	101
<i>Guettarda macrosperma</i>	40	
<i>Inga vera</i>		30
<i>Lonchocarpus chiangii</i>	75	84
<i>Platymiscium parviflorum</i>	34	55
<i>Thouinidium decandrum</i>	38	
<i>Trichilia havanensis</i>	115	

Por su parte *Inga vera* es la especie de más abundancia en los SAF y según Barrance *et al* (2003) es usada en los sistemas agroforestales con café debido a la sombra, su fácil germinación por semilla, rápido crecimiento, capacidad de fijar nitrógeno, adaptabilidad a una amplia variedad de suelos y producción de abono verde de lenta descomposición (usado para el control de malezas, liberación lenta de nutrientes y conservación de la humedad del suelo). Se prefiere esta especie cuando se requiere una sombra ligera, proporcionada por su copa extendida y las pequeñas hojuelas. También en lugares con estación marcada, de hasta 6 meses secos entre los 800 y 1,500 m.s.n.m.

Para comparar la composición de especies de la comunidad arbórea encontrada entre el bosque y el SAF se utilizó el Procedimiento de Permutación Multirepuesta (MRPP por sus siglas en inglés), en el cual se realizaron 1,000 aleatorizaciones. Como respuesta se determinó que la composición florística entre los dos tipos de ecosistemas es significativamente diferente ($A= 0.0087$, $p= 0.044$). Ésta diferencia se observa en la figura 3, en la cual el polígono representado por las parcelas del bosque no se sobrepone perfectamente con el polígono representado por las parcelas del SAF.

Dado que los dos ecosistemas son diferentes en términos de composición, se procedió a determinar aquellas especies indicadoras que son ecológicamente importantes para el bosque y el SAF. El cuadro 3 presenta las especies indicadoras con valores del indicador mayores a 15, también se muestra el valor de p resultante de la prueba de Monte Carlo para ambos ecosistemas. De manera general el test resultó siendo significativo ($p= 0.006$).

Cuadro 3. Resultados del Análisis de Especies Indicadoras.

Ecosistema	Especies	Valor del indicador	Valor de p
Bosque	<i>Guettarda macrosperma</i>	38.6	0.02
	<i>Daphnopsis americana</i>	34.8	0.02
	<i>Trichilia havanensis</i>	31.2	0.02
	<i>Oreopanax capitatus</i>	25.0	0.04
	<i>Sideroxilon capiri</i>	18.8	0.07
	<i>Podopterus mexicanus</i>	31.9	0.09
SAF	<i>Gliricidia sepium</i>	24.6	0.01
	<i>Platymiscium parviflorum</i>	41.2	0.03
	<i>Enterolobium ciclocarpum</i>	15.4	0.07

Las especies que son ecológicamente importantes en el bosque son en orden descendente del valor del índice: *Guettarda macrosperma*, *Daphnopsis americana*, *Trichilia havanensis*, *Oreopanax capitatus*, *Sideroxilon capiri* y *Podopterus mexicanus*; mientras que el SAF está representado por las especies *Gliricidia sepium*, *Platymiscium parviflorum* y *Enterolobium ciclocarpum*.

Las especies *Guettarda macrosperma* y *Daphnopsis americana* ambas resultaron como excelentes indicadoras del bosque natural, debido a dos motivos; el primero es que estas especies al formar parte del dosel arbóreo de la presente zona en transición, se percibieron tanto en áreas bajas del bosque seco tropical así como en las áreas de mayor altitud pertenecientes al bosque húmedo premontano (especialmente *D.americana*). Para este último los valores de las especies en cuanto a abundancia y frecuencia constataron aumentos considerables ya que este tipo de formación forestal comprende las áreas mejor conservadas en cuanto a vegetación del presente estudio. Esto provoca que las especies sean poco accesibles en el terreno. Segundo; estas especies no son en lo absoluto grandes proveedoras de productos forestales maderables y no maderables (bienes ambientales) de los puedan beneficiarse las personas. El poco acceso y falta de valor económico de las especies está actuando a favor de su supervivencia en el bosque.

En cuanto a *Trichilia havanensis*, *S. capiri* y *G. macrosperma*, comprenden gran importancia ecológica en la restauración de ecosistemas de Mesoamérica, la UICN (2015) fomenta la conservación y reforestación de ecosistemas con estas especies por contribuir a la dieta de poblaciones de avifauna silvestres, conservación de suelos, estabilización de cauces fluviales, protección de mantos acuíferos y rehabilitación de áreas sin cobertura vegetal dando inicio a la

sucesión natural. Y es que la detención de acciones degradantes hacia el bosque en la zona permitirá que en el tiempo estas especies (y todas las especies arbóreas) de cualidades restauradoras logren esa resiliencia que consienta al fin una estabilización del ecosistema natural en su conjunto.

La inclusión y abundancia con individuos de las especies características o indicadoras en los sistemas agroforestales café con sombra (SAF), han sido controladas por los productores dueños de fincas, quienes buscan que su cultivo de interés (el café) interactúe con un componente arbóreo que le aporte servicios ambientales esenciales para potenciar su desarrollo, de igual manera se obtengan por medio de las especies arbóreas bienes tangibles que sean fuentes de ingreso y sustento de sus familias. La especie *G. sepium* es bien aceptada por los productores en sus SAF. Para esta especie su abundancia y fidelidad, estuvo restringida casi en su totalidad a los sistemas agroforestales con un $p = 0.01$ (1%) y es que la especie es introducida por su rápida reproducción asexual (por estacas), su valor forrajero, abono verde y aporte de sombra al café. Mientras que *P. parviflorum*, cultivada por su sombra y lo comercial de su madera es una especie con distribución generalizada tanto en áreas de bosque como en SAF. Pero al ser una especie con regeneración prácticamente nula (Quezada *et al*, 2012), es en los SAF donde su abundancia se hace notar tomando un importante valor como especie indicadora. De igual manera *E. cyclocarpum* con un extenso rango de amplitud (en bosque y SAF) pero manteniendo su expansión de abundancia dentro del sistema agroforestal, donde aporta por la frondosidad de su copa, una vez maduro un importante radio de área con sombra, su madera se comercializa, aporta nitrógeno al SAF y sirve de forraje (sus frutos) al ganado.

4.2.1. Asociación entre las especies y las variables ambientales y dasométricas

Descripción y relación entre las variables ambientales y dasométricas

Las variables ambientales que se incluyeron en la asociación con las especies fueron: pendiente, elevación, radiación solar, pH/H₂O (pH del agua en el suelo), MO (materia orgánica), CO (Carbono orgánico) y N- total (nitrógeno total); entre las variables dasométricas se encuentran: el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de cada árbol. En el cuadro 4 se presentan las estadísticas descriptivas generales para cada una de las variables, siendo utilizadas para determinar asociaciones con las especies arborescentes del área de estudio.

Cuadro 4. Descripción general de los valores de las variables ambientales y dasométricas

Variables	Media	DS	Min	Max
DAP (cm)	24.80	8.14	14.46	60.87
Altura del árbol (m)	9.87	1.61	7.20	15.33
Pendiente (grados)	31.99	22.99	1.81	80.63
Elevación (m.s.n.m)	767.96	141.06	500.50	1007.72
Radiación (WH/m ²)	122,463.48	40,236.61	4,692.27	158,701.50
pH/H ₂ O	5.77	1.96	0.00	7.20
Materia Orgánica (%)	6.64	2.70	0.00	8.94
C.O. (%)	3.39	1.81	0.00	5.18
N-total (%)	0.33	0.13	0.00	0.45

DS= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo; DAP= diámetro a la altura del pecho; CO= Carbono orgánico; N= Nitrógeno total.

La distribución homogénea de los datos para las variables dasométricas, indican que las especies reportadas comprendieron principalmente diámetros y alturas concernientes a un relicto arbóreo de altura pequeña. De lo que se infiere sea la muestra de una comunidad arbórea con características de bosque secundario en desarrollo (Redondo *et al.* 2001). Así mismo las variables ambientales demuestran que las condiciones del sitio en cuanto a elevación y radiación solar poseen valores homogéneos (a excepción de la pendiente quien presenta una alta variabilidad), las que presuntamente pudiesen comprender asociaciones con las especies arbóreas. Así también para las variables de suelo (MO, pH/H₂O, CO y N-total) en el sitio, los datos de estas propiedades químicas presentan baja variabilidad. Para el pH/H₂O sus valores rondan los moderadamente ácidos en superficie, óptimos para la mayoría de las especies arbóreas, mientras la MO, CO y nutrientes (N-total) presentan altas proporciones en sus valores.

4.2.2. Relación entre la abundancia de las especies, las variables dasométricas y ambientales.

La abundancia general de las especies esta correlacionada fuertemente con los valores promedios de DAP y altura del árbol. Las correlaciones de la abundancia total con estas variables resultaron negativas y significativas ($r = -0.59$, $p < 0.001$ y $r = -0.41$, $p < 0.001$ respectivamente). La abundancia total también tiene correlaciones negativas y significativas con el pH/H₂O y CO del suelo ($r = -0.29$, $p < 0.04$ y $r = -0.15$, $p < 0.028$). Así mismo con la MO y el N- total ($r = -0.28$ y $r = -0.15$) sin embargo para estas últimas, los valores de significancia para la prueba de correlación de Pearson en ambas quedaron al límite del rechazo ($p = 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Matriz de correlación entre la abundancia total de especies, las variables ambientales y dasométricas.

	Abundancia	DAP	Altura	Pendiente	Elevación	Radiación	pH/H ₂ O	M.O	CO	N
Abundancia	1.00	7.7E-06	3.3E-03	0.16	0.15	0.08	0.04	0.05	0.028	0.05
DAP	-0.59	1.00	1.3E-05	0.48	0.78	0.84	0.56	0.55	0.91	0.57
Altura	-0.41	0.57	1.00	0.16	0.87	0.11	0.06	0.15	0.97	0.14
Pendiente	-0.20	-0.10	0.20	1.00	0.70	0.00	0.87	0.28	0.19	0.28
Elevación	0.21	-0.04	0.02	0.06	1.00	0.36	0.31	0.26	0.72	0.28
Radiación	0.25	0.03	-0.23	-0.91	0.13	1.00	0.64	0.60	0.43	0.60
pH/H ₂ O	-0.29	0.08	-0.27	-0.02	-0.15	0.07	1.00	0.00	2.2E-06	0.00
M.O	-0.28	0.09	-0.21	0.16	0.16	-0.08	0.84	1.00	1.8E-07	0.00
C.O	-0.15	0.02	0.01	-0.05	-0.05	-0.11	0.61	0.66	1.00	1.8E-07
N	-0.28	0.08	-0.21	0.16	0.16	-0.08	0.84	1.00	0.66	1.00

En la parte superior de la diagonal formada por los unos se presentan los valores de la probabilidad (p); en la parte inferior de la diagonal se encuentran los valores del Coeficiente de Correlación de Pearson (r).

Las negativas correlaciones de la variable Abundancia de especies con los valores promedios del DAP y altura total (24.8 cm y 9.87 m, respectivamente), reafirmaron que la gran mayoría de especies arbóreas obtuvieron diámetros y alturas pertenecientes a un relicto arbóreo con poca presencia de árboles de gran tamaño en un bosque secundario en desarrollo (Redondo *et al.* 2001), quien igualmente comprende una comunidad arbórea coetánea constituida por la presencia de importantes especies remanentes para el establecimiento de la sucesión natural que permitan una rehabilitación del ecosistema natural en la zona.

La correlación Abundancia de las especies entre el Carbono orgánico (CO) demuestra que en los sitios donde se reportó gran abundancia de especies arbóreas, contrariamente a lo esperado las proporciones de CO en el suelo fueron bajas. La negativa y débil correlación puede estar influenciada en parte, debido a la presencia mayoritaria de especies arbóreas perennifolias a subperennifolias en la microcuenca “El Zapote”, donde el predominio de especies con estas características podrían estar ofreciendo un aporte en cantidades variables de hojarasca al suelo. Otra de las explicaciones es la pérdida de CO al suelo por acciones antrópicas (caserías pirómanas, talas, cambio de uso de suelos etc.), las que traen consigo la eliminación del material orgánico,

liberando el carbono (en forma de CO₂) a la atmosfera. (Aguilera, 2000) dejando desprovisto al suelo de este elemento esencial para su fertilidad. Así mismo para este estudio se determinaron correlaciones de la Abundancia de especies y CO con las variables topográficas (elevación y pendiente) del terreno. Esto para demostrar la incidencia del relieve del sitio en la relación negativa Abundancia de especies entre el CO sin embargo las correlaciones no obtuvieron significancia.

La correlación negativa de la Abundancia de las especies con el pH/H₂O demuestra que la reacción del suelo en los sitios de mayor abundancia de especies está siendo provista principalmente por posibles tasas bajas de descomposición del material orgánico, lo que indica que las pérdidas en el sitio y poco aporte de MO por parte de las especies arbóreas al suelo, favorecen en mantener valores promedios (5.77) aceptables para todas las especies arbóreas, ya que según Martínez *et al* (2008) gran aporte de MO a suelos ácidos tiende a aumentar su acidez.

Estos suelos por el valor medio del pH/H₂O son denominados moderadamente ácidos (Soil survey, 1993). El pH/H₂O= 5.77 es un valor cercano al rango crítico (< 5.5), para que el aluminio se encuentre en forma soluble como Al⁺³ con carga alta en los suelos (Lema y Rodríguez 2005; Broquen *et al* 2002; Casierra y Aguilar, 2007). El aluminio (Al) no es un nutriente de las plantas, y como tal, no se toma activamente por las mismas, sino que entra por las raíces pasivamente a través de la ósmosis, siendo muy tóxico para las plantas, afectando su incremento y desarrollo estructural (Casierra y Aguilar, 2007). Si bien, con base a estos resultados no se puede aseverar que los suelos contengan cantidades de Al en forma solubles y más aun que las plantas estén absorbiéndolo, la gran mayoría de especies arbóreas en la microcuenca “El Zapote” son de porte pequeño específicamente en altura, particularidad que hasta ahora se asoció únicamente al estado de fragmentación y continuas perturbaciones hacia estos ecosistemas. Se considera necesario indagar más profundamente sobre el contenido de carbono y el rango del pH/H₂O, ya que estos determinan en parte el comportamiento del Al en los suelos (Wada, 1985 citado por Broquen *et al* 2002).

En la figura 3 se puede observar que existe un gradiente promovido por la variable “Elevación” al cual se asocian algunas especies. A éste gradiente están asociadas negativamente la especie *Guazuma ulmifolia* (R²= 0.58 relación con el eje 1) y positivamente las especies *Daphnopsis*

americana ($R^2= 0.40$) y *Stemmadenia donnell-smithii* ($R^2= 0.28$). La variable Elevación está asociada con el eje 1 con un $R^2= 0.39$.

De esto se deduce que la comunidad arbórea del área de estudio esta diferenciada desde el punto de vista de composición fuertemente influenciada por un gradiente de elevación. En la parte baja del área de estudio la comunidad está dominada por *G. ulmifolia*, la cual a medida que incrementa la elevación su dominancia disminuye y gradualmente aumenta la dominancia de *D. americana* y *S. donnell-smithii*.

Estudios realizados por Huerta *et al* (2014) y Loza *et al* (2010) quienes consideraron las relaciones de comunidades arbóreas con la elevación y la variación de la composición florística en asocio a este gradiente ambiental respectivamente, demuestran que uno de los factores biogeográficos más importantes es la elevación, la cual tiene una poderosa influencia en la estructura y composición de la vegetación (Deil y AlGifri, 1998). Lo que concuerda con el presente estudio al ser precisamente la elevación la única variable ambiental que se asoció con la abundancia de las especies antes mencionadas.

La elevación presentó valores mínimos (500.50 m.s.n.m) y máximos (1,007.72 m.s.n.m) con diferencia de 500 m.s.n.m aproximadamente, correspondiente a un nivel de área geográfica pequeña (5 km²), por lo que asumimos que esta particularidad, la cual se va reflejando gradualmente conforme su ascenso en esta área, le permitió ser el principal factor determinante en la diferenciación de la composición de florística (Cortés e Islebe, 2005) que comprende la comunidad arbórea en la microcuenca “El Zapote”.

Las especies que no están asociadas con este gradiente de elevación, pero tienen alto valor del R^2 con el eje 3 fueron: *Ficus insipida* ($R^2= 0.33$), *Inga vera* ($R^2= 0.30$); y en oposición probablemente en un gradiente de abundancia se encuentran: *Trichilia havanensis* ($R^2= 0.22$) y *Guettarda macrosperma* ($R^2= 0.19$). Aunque el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) no definió asociación aparente de éstas especies a una variable ambiental o dasométrica, la relación demuestra que la abundancia de los dos grupos contrastantes de especies disminuye al aumentar el otro; o sea, en los sitios donde las especies *F. insipida* e *I. vera* eran abundantes, se espera una reducida abundancia de *T. havanensis* y *G. macrosperma* y viceversa.

Esto se debe a la similaridad de los sitios que comparten, por su parte las especies *T. havanensis* y *G. macrosperma* determinadas como especies indicadoras del bosque natural fueron percibidas en

las áreas mejor conservadas del mismo. Mientras que las especies *F. insipida* e *I. vera* se reportaron en sitios de mayor influencia ante acciones antrópicas. *I. vera* se registró en los SAF y *F. insipida* en los afluentes superficiales cercanos a comarcas de personas.

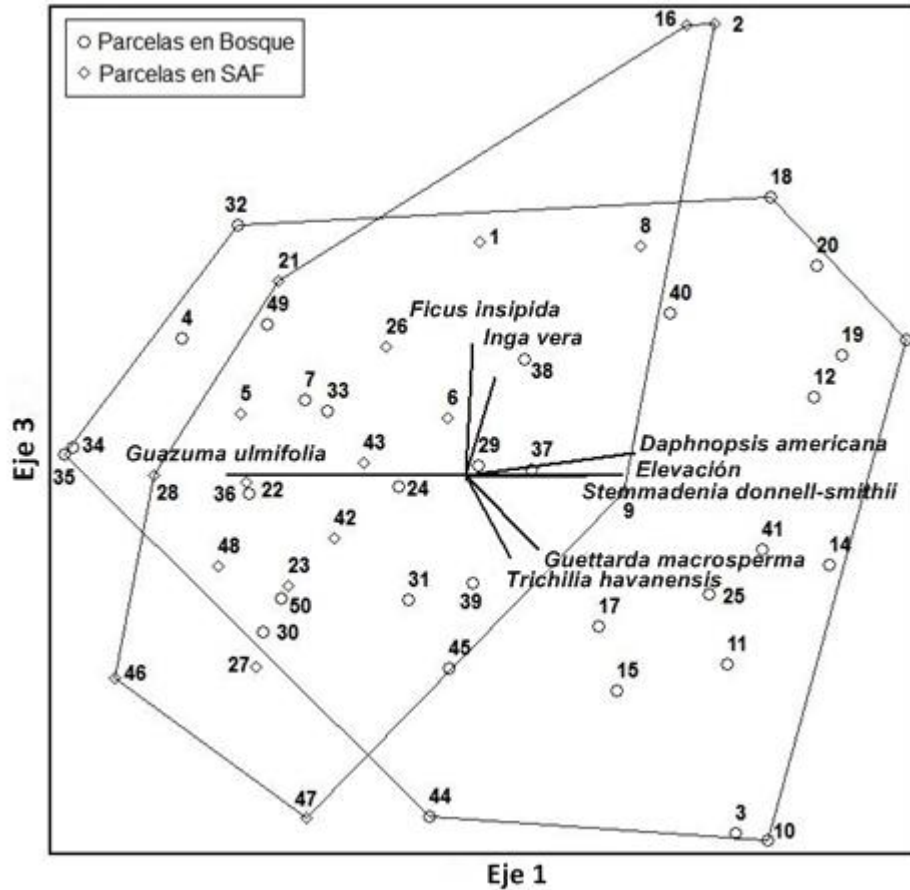


Figura 3. Resultado del Escalamiento Multidimensional no métrico (NMS), solamente se muestran las especies y las variables con $R^2 = 0.15$ y los polígonos que agrupan a las parcelas establecidas en el bosque y en el sistema agroforestal.

En la figura 3 se observa una solución tridimensional con 16.98 de estrés y 91 iteraciones. El eje 1 explica 0.28 de la relación y el eje 3 explica el 0.21 para un total de 0.49 de información explicada. Para confirmar las relaciones se realizó un análisis de correlación, entre la abundancia de las especies *G. ulmifolia*, *D. americana* y *S. donnell-smithii* y los valores de la elevación. Las relaciones solamente son confirmadas para las especies *G. ulmifolia* y *S. donnell-smithii*. *G. ulmifolia* tiene una relación negativa con la elevación ($r = -0.41$, $p < 0.001$); contrariamente, *S. donnell-smithii* tiene relación positiva con la elevación ($r = 0.34$, $p = 0.02$). Para *D. americana* la relación con la elevación es positiva, pero muy débil ($r = 0.14$, $p = 0.34$).

4.3. Determinación de la relación entre las especies, la iluminación y presencia de lianas

4.3.1. Iluminación

Del total de individuos muestreados, el 61% se registraron con tipo de iluminación 2 (parcial), el 35% con tipo de iluminación 1 (plena) y el restante 4% se encontraba en iluminación 3 (sin iluminación).

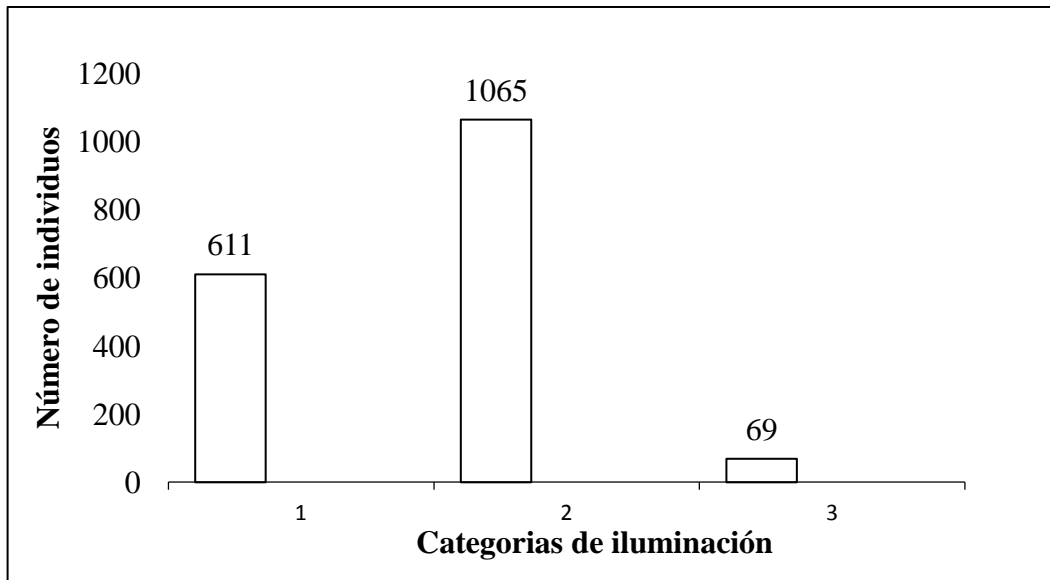


Figura 4. Número de individuos por categorías de iluminación reportados en la comunidad arbórea de la microcuenca “El Zapote”.

Las especies que se reportaron con mayor frecuencia con tipo de iluminación 1 fueron: *L. chiangii* (con 108 ocurrencias en ésta categoría), *G. ulmifolia* (72), *C. alliodora* (48) y *P. parviflorum* (34) ($p < 0.001$). Las especies que se reportaron con mayor frecuencia en cuanto al tipo de iluminación 2 fueron: *G. ulmifolia* (130), *T. havanensis* (91), *L. chiangii* (51), *P. parviflorum* (50), *I. vera* (41), *D. americana* (38) y *T. decandrum* (33) ($p < 0.001$). La frecuencia de ocurrencia en estas categorías para el resto de las especies fue menos de 30 veces.

Las especies con mayor frecuencia registradas con tipo de iluminación plena (1) demostraron que su influencia de luz solar fue en todas las direcciones durante todo el día (de mañana y por la tarde) esto se debió principalmente a dos factores: La inclusión manipulada de especies por parte de los productores dueños de los sistemas agroforestales y características fisiológicas de especies heliófilas pioneras en sitios abiertos.

Para la especie *L. chiangii*, quien registró la mayor incidencia de iluminación plena. Se señala que esta especie es una de las más introducidas en los Sistemas Agroforestales de café con sombra, llegando en algunas ocasiones a dominar totalmente por su abundancia y frecuencia estos SAF, quienes le permitieron por sus arreglos y dimensiones, mayores espaciamientos favoreciendo la recepción de luz solar a lo largo del día contribuyendo al óptimo desarrollo de la especie. Así mismo para la especie *P. parviflorum* quien también fue registrada en los SAF, pero con una menor dominancia. Estas especies son introducidas en los SAF por ser un bien comercializable en cuanto a su madera, donde los productores obtienen ganancias módicas para el sustento de sus familias, siendo el principal objeto de cuidado y aplicación de tratamientos silviculturales (lo que favorece a su iluminación plena) a los árboles a fin de obtener un óptimo crecimiento que aporte sombra al café y desarrolle una madera de calidad.

Por su parte las especies *G. ulmifolia* y *C. alliodora*, complementan ese total de especies con iluminación plena, pero a diferencia de las anteriores especies que se encontraban directamente relacionadas con la manipulación y control por parte de los productores en los SAF. De estas se puede señalar que la influencia del ser humano se ha reflejado indirectamente en la abundancia de sus poblaciones y es que las especies *G. ulmifolia* y *C. alliodora* por pertenecer al tipo de vegetación asociada con áreas perturbadas por acciones antrópicas y de sitios abiertos, es ahí donde su estado de latencia o dormancia por parte de sus semillas culmina, dando inicio a la germinación y por consiguiente su crecimiento y desarrollo de las especies. Al establecerse pioneramente después de la perturbación de los sitios, la iluminación para estas especies es total. Cuando este escenario fue observado las poblaciones de mayor dominio eran pertenecientes a estas dos especies.

En cuanto a la iluminación parcial (2), tres de las especies reportadas también coincidieron con el tipo de iluminación 1. Con la diferencia que en la iluminación parcial de estas especies: *G. ulmifolia* y *P. parviflorum* registraron una mayor cantidad de individuos, no así para *L. chiangii* obteniendo una abundancia muy baja (el -48%) en relación a la cantidad de individuos con iluminación 1.

Así también, el registro de especies con tipo de iluminación parcial incluyó a especies como: *T. havanensis*, *I. vera*, *D. americana* y *T. decandrum*. El número de individuos de estas especies (principalmente *T. havanensis*, *D. americana* y *T. decandrum*) se situaban con regularidad en áreas

boscosas con altas densidades, como zonas ribereñas de afluentes superficiales y las más cercanas a las cimas de los cerros. (áreas de bosque mejor conservadas). Pero también es de señalar que las especies como *I. vera*, *L. chiangii* y *P. parviflorum* que se situaron mayormente en los SAF se vieron afectadas por la troncada recepción de luz solar durante el día, esto igualmente a consecuencia de las altas densidades en algunos SAF.

4.3.1. Presencia de lianas

Del total de individuos muestreados, el 84% se registraron en la categoría de presencia de lianas 0 (libre), el restante 16% estaba distribuido entre las categorías 1 (fuste), 2 (copa) y 3 (todo el árbol).

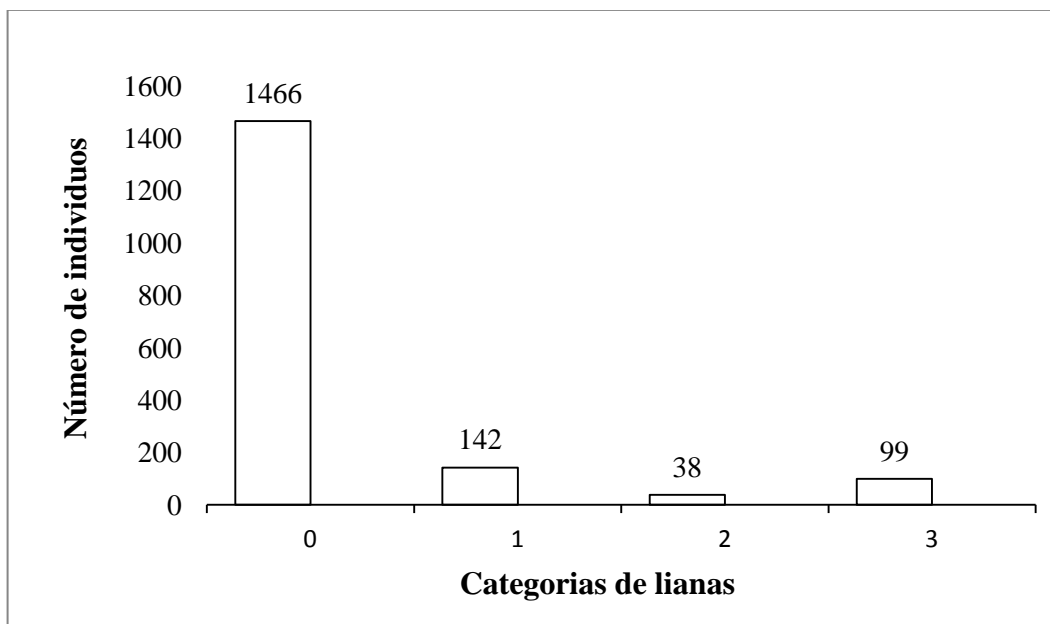


Figura 5. Número de individuos por presencia de lianas reportados en la comunidad arbórea de la microcuena “El Zapote”.

Las especies que se reportaron con mayor frecuencia en la categoría de presencia de lianas 0 fueron: *G. ulmifolia* (con 174 ocurrencias en ésta categoría), *L. chiangii* (144), *T. havanensis* (101), *P. parviflorum* (80), *C. alliodora* (63), *Inga vera* (46), *L. phlebophyllus* (34), *T. decandrum* (34), *G. macrosperma* (32) y *D. americana* (31) ($p < 0.001$). La frecuencia de ocurrencia en ésta categoría para el resto de las especies fue menos de 30 veces.

Ante la nula presencia de lianas sobre las especies más representativas de la comunidad arbórea, se puede indicar que alteraciones en la composición por mortandad (a causa de estrés físico y la elevada competencia por luz, agua y nutrientes con las lianas), reducción del crecimiento,

deformaciones de los árboles (haciéndolos susceptibles a enfermedades) y retrasos en la sucesión (al suprimir la regeneración natural) (Toledo, 2010) a causa de una infestación por lianas pueden descartarse, ya que su poca presencia no implican impactos negativos de tal magnitud ante la composición florística de la comunidad arbórea.

En síntesis, si se toma la influencia de iluminación y presencia de lianas, la mayoría de los individuos arbóreos se ubican en las categorías 1 y 2, con tipos de iluminaciones plenas e iluminaciones parciales y libres de lianas. De acuerdo a los valores obtenidos cualquier aplicación referida a tratamientos silviculturales para mejorar la calidad de la comunidad arbórea en estudio sería innecesaria.

V. CONCLUSIONES

Se concluye con la existencia de un gradiente de elevación al cual se asocian algunas especies, entre ellas: *Guazuma ulmifolia* de forma negativa, y *Daphnopsis americana* y *Stemmadenia donnell-smithii* de forma positiva. Evidenciando una correlación significativa de sus abundancias con la elevación para *G. ulmifolia* y *S. donnell-smithii*.

La composición de la flora arbórea de los ecosistemas bosques natural (Bosque) y Sistema Agroforestal de café con sombra (SAF), es diferente y por ende, siendo representada por diferentes especies. Las especies indicadoras en el bosque son *Guettarda macrosperma*, *Daphnopsis americana*, *Trichilia havanensis*, *Oreopanax capitatus*, *Sideroxylon capiri* y *Podopterus mexicanus*; mientras que en el SAF son *Gliricidia sepium*, *Platymiscium parviflorum* y *Enterolobium cyclocarpum*.

En la mayoría de los individuos arbóreos se presentan iluminaciones plenas a parciales encontrándose libres de lianas.

VI. LITERATURA CITADA

- Acuña, E. Mendoza, B. 2016.** Estudio de Suelo: Microcuenca El Coyote-Terrabona, Matagalpa, Proyecto Restauración, enero 2016. CIAT; UNA. Managua, NI. 20 p. En prensa.
- Aguilera, S. 2000.** Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. 77–85.
- Barrance, A. Beer, J. Boshier, D. Chamberlain, J. Cordero, J. Detlefsen, G. Finegan, B. Galloway, G. Gómez, M. Gordon, J. Hands, M. Hellin, J. Hughes, C. Ibrahim, M. Kass, D. Leakey, R. Mesén, F. Montero, M. Rivas, C. Somarriba, E. Stewart, J. Pennington, T. 2003.** *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Bib. Orton IICA; CATIE. Turrialba, CR. 1083 p.
- Blasi, C. Carranza, M. Filesi, L. Tilia, A. Acosta, A. 1999.** Relation between climate and vegetation along a Mediterranean-temperate boundary in central Italy. *Global Ecology & Biogeography* no. 8: 1- 27.
- Broquen, P. Candan, F. Falbo, G. J Girardin. Apcarian, A. 2002.** Efecto de *Pinus ponderosa* Dougl. Sobre la reacción del suelo en el Sudoeste del Neuquén, Argentina (En línea). Valdivia, CH. *BOSQUE* 23(1) 47-59. Consultado 12 ene. 2018. Disponible en: <https://books.google.com.ni/books?id=eNJWrAnEpv8C&pg=PA57&lpg=PA57&dq=Que+significa+pH/H2O+en+el+suelo&source=bl&ots=a00FmVnCj&sig=H02pNvzz1uM2IjWPfXznOjm8whE&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwioo6mDsOzYAhWN0FMKHayDAJwQ6AEIXjAK#v=nepage&q=Que%20significa%20pH%2FH2O%20en%20el%20suelo&f=false>
- Carrera F. 1994.** Diseño y planificación de inventarios forestales. PROYECTO RENARM/ Producción de bosques naturales. Turrialba CR. CATIE. 26 p.
- Casierra, F. Aguilar, O. 2007.** Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. (En línea) *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 2(1) 246-257. Consultado 12 ene. 2018. Disponible en: <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol1/vol.1no.2/Vol.1.No.2.Art.11.pdf>
- Cony M. 2009.** Temperaturas extremas en Europa. Ph.D Thesis. Universidad Complutense de Madrid. ES. 128 p. ISBN: 978-84-692-8444-5.

- Cortés, J. Islebe, G. 2002.** Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas del sureste de México (En línea). *Revista de Biología Tropical* 53(1): 115- 133. Consultado 21 Sep. 2017. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000100012
- CYRES. 1984.** Dirección de estudio base suelos y aguas. Instituto nicaragüense de estudios territoriales. INETER. Departamento de edafología. Managua, NI. 42 p.
- Deil, U. Al Gifri, A. 1998.** Montane and Wadi Vegetation. *In:* Ghazanfah, S. A. and M. Fisher (eds.). *Vegetation of the Arabian Peninsula*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London. 174 p.
- Di Rienzo, J. Casanoves, F. Balzarini, M. Gonzalez, L. Tablada, M. Robledo, C. 2015.** InfoStat versión 2015. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba AR.
- Doblado, L. 2011.** Identificación y caracterización de tipos de bosque y su relación con variables ambientales, en un paisaje fragmentado al Norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, CR. 61 p.
- Espinoza, N; Vernooy, R. 1998.** Las 15 micro-cuencas del río Calico, San Dionisio, Matagalpa: Mapeo y análisis participativos de los recursos naturales. CIAT. Managua, NI. 99 p.
- Esri (Environmental Systems Research Institute).2013.** ArGis 10.2 for Desktop 2013.Redlands, California, US.
- Gutiérrez, X. 2012.** REDD+ y Causas de la deforestación en Nicaragua (En línea). Consultado 13 abr. 2017. Disponible en: <https://xaviergut.wordpress.com/2012/02/04/redd-y-causas-de-la-deforestacin-en-nicaragua/>
- Huerta, F. Briones, J. Luna, C. Muñoz, A. Rosas, V. 2014.** Relaciones entre comunidades arbóreas, suelo y el gradiente altitudinal en el volcán de Tequila, Jalisco. Universidad de Guadalajara. 2014: 203-215.
- INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2008.** Análisis de la situación del sector forestal de Nicaragua. Programa Nacional Forestal. Instituto Nacional Forestal. Managua, NI. 88 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 1989.** Cartografía topográfica 1: 50,000 de Nicaragua.

_____ **1998.** Hoja Topográfica Terrabona, Nicaragua 3054 III. 2 ed. Serie E751. Managua. Esc. 1: 50,000. Color.

Jadán, O. Torres, B. Selesi, D. Peña, D. Rosales, C. Günter, S. 2016. Diversidad florística y estructura en cacaotales tradicionales bosque natural (Sumaco, Ecuador). Colombia Forestal. 19 (2): 5-18.

Lema, M. Rodríguez P. 2005. Datos de campo para el encalado de suelos ácidos: aluminio como criterio. Respuesta de la cebada (En línea). Estación Fitopatológica do Areeiro. Pontevedra, ES. 10 p. Consultado 12 ene. 2018. Disponible en: <http://www.traderargentina.com.ar/cebada.pdf>

Lewis, G. Schire, B. Mackinder, B. Lock, M. 2005. Legumes of the World. The Royal Botanic Gardens, Kew. Richmond, Surrey.

Lott, E. Atkinson, T. 2010. Diversidad florística (En línea). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*, DF, MX. . Consultado 12 Nov. 2017. Disponible en: http://www.monarthrum.info/pdf_assets/Capitulo%204%20Lott.pdf 14 p.

Louman, B. Quirós, D. Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR. CATIE. 265 p. ISBN: 9977-57-359-X

Loza, I. Moraes, M. Jørgensen, P. 2010. Variación de la diversidad y composición florística en relación a la elevación en un bosque montano boliviano (PNANMI Madidi). Ecología en Bolivia 45(2): 87-100.

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2010. Estudio de Ecosistemas y Biodiversidad de Nicaragua y su representatividad en el sistema nacional de áreas protegidas. I ed. Managua, NI. 133 p.

Marín, J. s.f. Tablas de Contingencia (En línea). Universidad de Carlos III de Madrid. ES. Consultado 11 de Oct. 2017. Disponible en <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Categor/Tema2Cate.pdf>

Martínez, E. Fuentes, J. Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2008. 68-96

- Matey, A. Zeledón, L. Orozco, L. Chavarría, F. López, A. 2013.** Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua (En línea). Agroforestería en las Américas no. 49: 61-67. Consultado 21 ago. 2017. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5930/8.Matey.pdf>
- Mendieta, M. Rocha, L. 2007.** Sistemas Agroforestales. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 115 p.
- Meyrat, A. 2006.** Descripción de Ecosistemas y Formaciones Vegetales de Nicaragua. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Managua, NI. 90 p.
- Melo O. Vargas R. 2003.** Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. (En línea). 1a ed. Ibagué CO. IMPRESIONES CONDE. Consultado 05 mar. 2017. Disponible en: http://www.ut.edu.co/academico/images/archivos/Fac_Forestal/Documentos/LIBROS/evaluacion%20de%20ecosistemas%20boscosos%20%20Rafael%20vargas%20y%20Omar%20mel.pdf. ISBN 956-9243-03-07.
- McCune, B. Grace J. 2002.** Analysis of Ecological communities. Software design, Gleneden Beach, Oregon, US. 237 p.
- McCune, B. Mefford, M. 2006.** PC-ORD 5.0. Multivariate analysis of ecological data. Gleneden Beach, Oregon, US.
- Orozco, L. Brumér, C. 2002.** Inventarios Forestales para Bosque Latifoliados en América Central. Ed. E Mora Lobo. Turrialba, CR. CATIE. 264 p. (serie técnica no. 50).
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2001.** Los Ecosistemas de Nicaragua y su Estado de Conservación. Estrategia nacional de biodiversidad. Managua, NI. 208 p.
- Quezada, J. Garmendia, M. Meyrat, A. 2012.** Especies arbóreas y arbustivas del arboretum Alain Meyrat Volumen II. 1ª. ed. Managua, NI. UNA. 200 p. ISBN: 978-99924-1-015-8.
- Redondo, A. Vílchez, B. Chazdon, R. 2001.** Estudio de la dinámica y composición de cuatro bosques secundarios en la región Huetar Norte, Sarapiquí – Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana 20-26.

- Ricardo, N. Rosete, S. 1999.** Flora sinantrópica en la Reserva de la Biósfera Península Guanahacabibes. Tesis Mag. Sc. Universidad del Pinar del Río. Pinar del Río, CU. 11 p.
- Rodriguez, C. 1990.** Inga vera (Willd.) Guaba. Leguminosae (En línea). Consultado 02 Oct. 2017. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/30376>
- Rolim, S. Chiarello, A. 2004.** Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* .no. 13: 2694 p.
- Rubio, R. Escribano, R. 2001.** Transiciones entre los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el matorral mediterráneo: Ecotonos. III Congreso Forestal Español. "SIERRA Nevada 2001". Granada, ES. 8 p.
- Salas, J. 1993.** ÁRBOLES DE NICARAGUA. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua NI. 309 p.
- Stevens, W. Ulloa, C. Pool, A. Montiel, O. 2001.** Flora de Nicaragua (En línea), Missouri, US. Consultado 13 abr. 2017. Disponible en: www.mobot.org.
- Soil Survey Staff.1993.** *Soil Survey Manual Handbook* N° 18 5^{ta} ed. USDA. US. 436 p.
- Sousa, M. 1999.** Especie nueva de *Lonchocarpus* (Leguminosae) de Nicaragua y Costa Rica. UNAM. Coayacán, MX. Serie botánica 70 (2): 137-140.
- Synnott, TJ. 1991.** Manual de Procedimiento de Parcelas Permanentes para Bosque Húmedo Tropical; Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Serie de Apoyo Académico* N 12. 103 p.
- Tansley, A. Chipp T. 1926.** Aims and methods in the study of vegetation. Br Emp. Veg. Comm., Whitefriars Press, London. 383 p.
- Toledo, T.2010.** Las lianas y la dinámica de los bosques tropicales (En línea). *Ciencias* 98: 15-20. Consultado 04 Nov. 2017. Disponible en: <http://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/98/2/2.pdf>
- Ugalde, L. 1981.** Conceptos básicos de dasometría. (En línea) Turrialba, CR. CATIE. Consultado 23 Ago. 2017. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/a5909e/a5909e.pdf>

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2015. Especies restauradoras (En línea). Consultado 21 sep. 2017. Disponible en: <http://www.especiesrestauracion-uicn.org/especies.php>

Velázquez, A. Mas, J. Palacio, J. Díaz, J. Mayorga, R. Alcántara, C. Castro, R. Fernández, T. 2002. Análisis de cambio de uso del suelo. Informe técnico. Convenio INE-Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. DF. MX.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de campo para el registro de variables dasométricas, silviculturales y coordenadas UTM de la microcuenca “El Zapote”.

ID	Localidad	Sitio Especifico	Código Parcela	Coord. Y	Coord. X	Personal	Morfo Sp.	Altura total	DAP	Iluminación	Lianas	Obs.

Iluminación: plena (1), parcial (2), sin iluminación (3); Lianas: Libre (0), Fuste (1), Copa (2), Todo el árbol (3).

Anexo 2. Fotografías del área de muestreo y colecta de datos en campo.

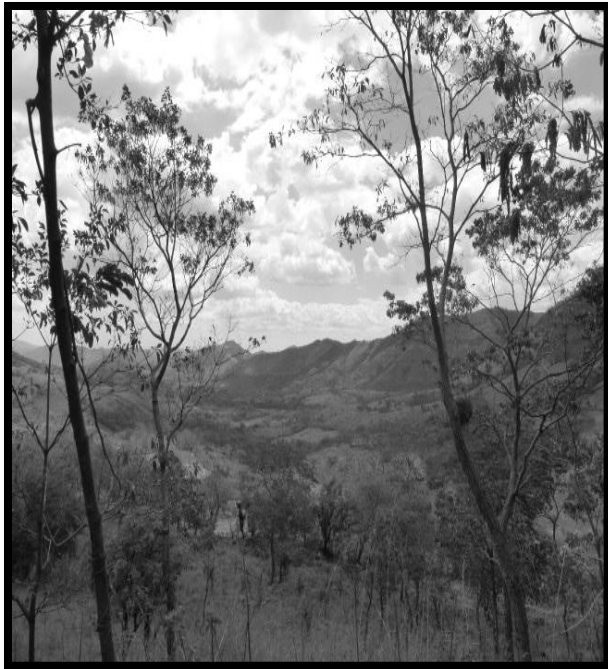


Foto 1. Paisaje del área de estudio.



Foto 2. Sistema Agroforestal café con sombra.



Foto 3. Medición del diámetro y presencia de lianas en individuos arbóreos.

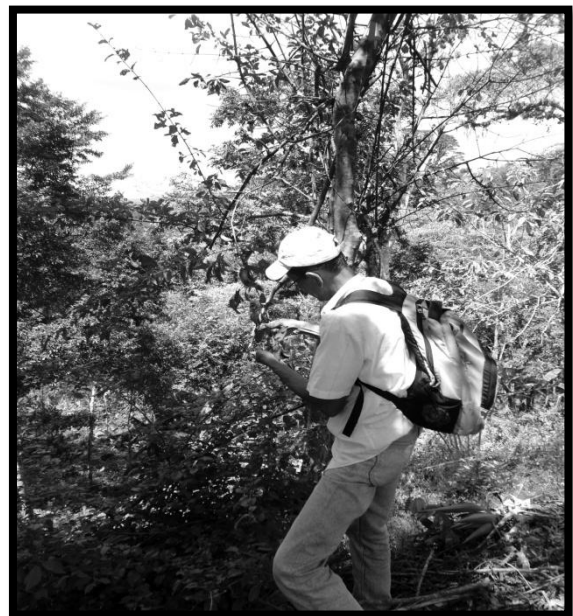


Foto 4. Identificación taxonómica de individuos arbóreos en campo.