

# RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

## Comunidades arbóreas asociadas a la elevación en la microcuenca El Zapote, Matagalpa, Nicaragua

### Tree assemblages associated to elevation at El Zapote, watershed, Matagalpa, Nicaragua

Miguel Garmendia-Zapata<sup>1</sup>, Andrés Agustín-López<sup>2</sup>, Gerald Garmendia-Alfaro<sup>3</sup>, José Herrera-Espinoza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MSc. en Biología Ambiental y de Bosques - Ecología / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9080-7670> / [garmendiaz@ci.una.edu.ni](mailto:garmendiaz@ci.una.edu.ni)

<sup>2</sup> MSc. en Tecnologías de la Información Geográfica / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8070-3694> / [andres.lopez@ci.una.edu.ni](mailto:andres.lopez@ci.una.edu.ni)

<sup>3</sup> Ingeniero Forestal graduado en la Universidad Nacional Agraria / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9638-6056> / [geraldgarmendia@gmail.com](mailto:geraldgarmendia@gmail.com) / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7004-5253> / [jgabrielherrera@yahoo.com](mailto:jgabrielherrera@yahoo.com)

Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Managua, Nicaragua



#### RESUMEN

Entender la relación entre la flora arbórea con su ambiente es crucial como base para cualquier programa de restauración y conservación. Este trabajo plantea determinar las comunidades arbóreas asociadas a un gradiente de elevación, seleccionar las especies indicadoras de cada comunidad y relacionar la composición de especie con el estado de conservación del bosque. Para lograr los objetivos se establecieron 32 parcelas rectangulares de 20 m x 50 m de forma aleatoria en el área de estudio, el cual está representado por un bosque transicional relativamente conservado en la microcuenca El Zapote, Matagalpa. Dentro de la parcela se registró la abundancia y tipo de especie de todos los árboles  $\geq 10$  cm de diámetro normal (1.30 m del suelo) y se registró la elevación (m) en la que se ubicaba cada parcela. Mediante estadística multivariada se dilucidaron dos comunidades arbóreas asociadas a un gradiente de elevación; las especies *Guazuma ulmifolia* y *Cordia alliodora* son indicadoras de la comunidad ubicada a elevación de  $717.2 \pm 30.0$  m y las especies *Daphnopsis americana*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *Guettarda macrosperma*, *Trichilia trifolia*, *Pouteria sapota*, *Brosimum alicastrum*, *Brunellia mexicana*, *Inga vera*, *Stemmadenia pubescens* y *Lonchocarpus phlebophyllus* son indicadoras de la comunidad ubicada a elevación de  $856.3 \pm 41.1$  metros. Es probable que en la parte alta de la microcuenca aún se conserven remanentes del bosque autóctono del área de estudio.

**Palabra claves:** composición, elevación, flora arbórea.

#### ABSTRACT

Understanding the relationship between tree flora and its environment is important as base for any restoration and conservation program. This work aims to determine the tree communities associated with an elevation gradient; select indicator species from each community; and relate the species composition to the forest's conservation status. To achieve the objectives, 32 rectangular plots (20 m x 50 m) were randomly established at the study area, which is represented by a relatively preserved transitional forest in El Zapote micro-watershed, Matagalpa. Within the plot, the abundance and species type of all trees  $\geq 10$  cm normal diameter (1.30 m from the ground) were recorded; the elevation (m) for each plot was also obtained. Using multivariate statistics, two tree communities associated with an elevation gradient were elucidated; the *Guazuma ulmifolia* and *Cordia alliodora* species are indicators of the community located at an elevation of  $717.2 \pm 30.0$  m; and the species *Daphnopsis americana*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *Guettarda macrosperma*, *Trichilia trifolia*, *Pouteria sapota*, *Brosimum alicastrum*, *Brunellia mexicana*, *Inga vera*, *Stemmadenia pubescens* and *Lonchocarpus phlebophyllus* are indicative of the community located at elevation of  $856.3 \pm 41.1$ . It is probable that native forest remnants are still preserved in the upper part of the micro-watershed.

**Keywords:** Composition, elevation, tree flora.

Recibido: 6 de julio del 2020  
Aceptado: 1 de febrero del 2021



Copyright 2021. Universidad Nacional Agraria (UNA).

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo [edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni](mailto:edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni)

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Definir las comunidades arbóreas en un bosque es conocimiento básico para cualquier iniciativa de conservación de este, en especial si incluye el componente de restauración o rehabilitación (Vargas, 2007). Las comunidades arbóreas tienen una composición de especie que está directamente relacionada con variables ambientales que a escala de paisaje están influenciadas por diferentes gradientes y combinaciones de gradientes (Chai *et al.*, 2016; Krishnadas *et al.*, 2016). La elevación es una variable de importancia en la definición de la composición de estas comunidades (Toledo-Garibaldi y Williams-Linera, 2014; Cuyckens *et al.*, 2015; Jiménez *et al.*, 2016).

A lo largo del gradiente de elevación se definen y combinan otros gradientes (de variables asociadas al suelo y al clima) que en conjunto conforman las condiciones edafoclimáticas en donde se organiza la vegetación arbórea. Es muy conocida la influencia de la elevación en los factores suelo y precipitación (Johansson y Chen, 2003; Sánchez *et al.*, 2005; Sanchez-Moreno *et al.*, 2014) y por ende en la biodiversidad de plantas (Kessler *et al.*, 2012; Irl *et al.*, 2015; Qanbari y Akbar, 2015). Los programas de restauración o rehabilitación de ecosistemas forestales contemplan el conocer esta complejidad de interacciones para alcanzar la meta de recuperar las comunidades arbóreas autóctonas organizadas a lo largo de gradientes ambientales (Vargas, 2007).

Para aportar al conocimiento de las comunidades arbóreas en el área de estudio y su relación con la elevación (gradientes ambientales asociados a esta) y sentar las bases de futuras investigaciones en pro de la conservación del bosque de la microcuenca El Zapote, son objetivos de este estudio el determinar las comunidades arbóreas asociadas a un gradiente de elevación, seleccionar las especies indicadoras de cada comunidad y relacionar la composición de especie con el estado de conservación del bosque.

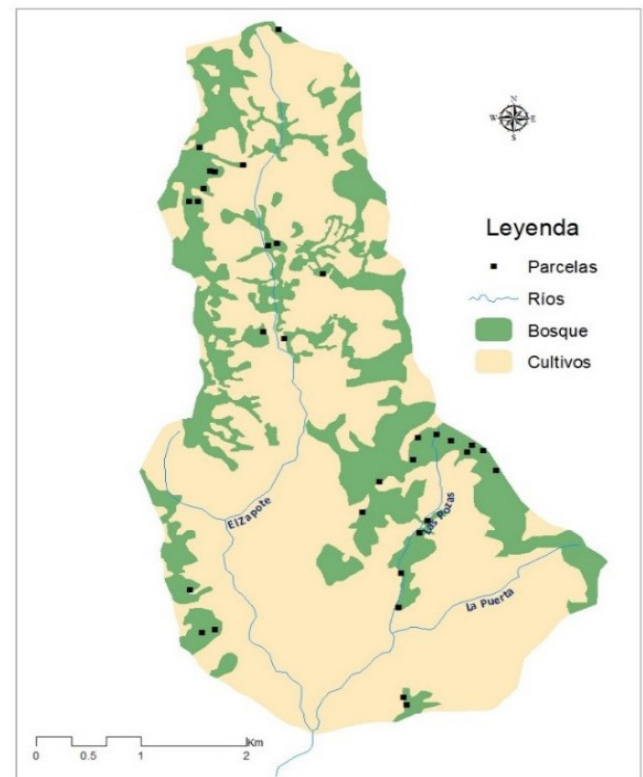
El aporte de este trabajo es, además de definir las comunidades arbóreas en el gradiente de elevación, determinar especies indicadoras de cada comunidad, las cuales sean útiles para el biomonitorio del estado de conservación del bosque definido por las comunidades. Los cambios en la abundancia y frecuencia de ocurrencia de estas especies podrían, en la escala de tiempo, estar asociado con perturbaciones (incluyendo cambio climático global o local, influencia humana y eventos naturales) particulares en la composición de especies de la comunidad vegetal que representan (especies indicadoras) y por lo tanto del bosque completo.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Descripción del sitio.** La microcuenca El Zapote se ubica entre los municipios Terrabona y San Dionisio del departamento de Matagalpa en las coordenadas 12°42'49" N, 85°53'46" O y 12°46'45" N, 85°56'13" O. Posee un área total de 1 772 hectáreas

de los cuales aproximadamente un 28 % están cubiertos por bosque. La vegetación típica es de zona transicional entre bosque seco tropical y bosque húmedo con elevaciones entre los 700 y 1 200 metros (Meyrat, 2006). La temperatura oscila entre 21 y 24 °C y precipitaciones entre 1 200 y 1 800 mm anuales. En la microcuenca predominan suelos de los órdenes Molisoles y Vertisoles. La principal actividad productiva en el área es el cultivo de café con sombra en sistemas agroforestales.

**Toma de datos.** Se establecieron un total de 32 parcelas con dimensión de 20 x 50 m (0.1 ha), las que se ubicaron de forma aleatoria con el uso de la herramienta Random en ArcGIS 10.2, seleccionando el uso de suelo “bosque” como área potencial para la ubicación, el que corresponde un área de 500 ha. De tal forma que el esfuerzo de muestreo fue de 0.64 %. Las imágenes satelitales utilizadas para definir el área boscosa fue la del sensor Landsat 8 e imágenes de Google Earth. En la Figura 1 se muestra un mapa del área de estudio, las áreas oscuras representan al bosque en donde se establecieron aleatoriamente las 32 unidades de muestreo, representadas por los puntos.



**Figura 1.** Microcuenca El Zapote, Terrabona-San Dionisio, Matagalpa.

Dentro de las parcelas se registraron todos los individuos de especies arbóreas  $\geq 10$  cm de diámetro normal (1.30 m del suelo). Las principales variables tomadas fueron el tipo de especie, el número de individuos y la elevación en

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

metros. Adicionalmente se registró el diámetro (cm) y la altura (m) de cada árbol con propósito descriptivo general. Las identificaciones se realizaron en campo utilizando las guías ilustradas de Salas (1993), Cordero y Boshier (2003), Quezada *et al.* (2011), Meyrat *et al.* (2012). Las especies no identificadas en campo fueron colectadas e identificadas en el Herbario Juan de Dios Rostrán de la Universidad Nacional Agraria y el Herbario Nacional de la Universidad Centroamericana. La taxonomía que se siguió fue la propuesta por Stevens *et al.* (2001).

**Análisis de la información.** Se realizó una descripción general de la flora arborecente que consistió en hacer recuento de abundancia total, conteo del número de especies, distribución taxonómica, selección de especies y familias más representativas, descripción general de estructura del bosque en términos de clases diamétricas y de altura de los árboles.

Seguidamente se definieron las comunidades en base a la composición de las especies determinadas en el área de estudio. En estos análisis solamente se incluyeron 35 especies (36.5 % del total), las que tenían abundancias mayores o iguales a 10 individuos y al menos ocurrieron en más de tres parcelas, a fin de poder controlar datos atípicos, valores influyentes y seleccionar las especies que aportaban mayor explicación al modelo.

Para lo anterior se utilizaron análisis estadísticos multivariados, entre ellos el Análisis de Conglomerado con distancia Euclídeana y con el método de Conglomerado de Varianza Mínima de Ward, utilizando una matriz de datos de 32 filas y 35 columnas, correspondiendo a las parcelas y a las especies con sus valores de abundancia. Con este análisis se definieron los grupos (también llamados comunidades) de parcelas asociados en base a la composición de las especies. La relación entre las comunidades definidas y la variable Elevación se exploraron en una ordenación llamada Escalamiento Multidimensional No-Métrico, (McCune y Grace, 2002; Borcard *et al.* 2011) o NMS por sus siglas en inglés, con distancia Bray-Curtis. El análisis de conglomerado y la ordenación NMS se realizaron con el programa R 3.2.2. (R Core Team, 2015) y los paquetes MASS (Ripley *et al.* 2018) y Vegan (Oksanen *et al.* 2018).

Para explorar diferencias significativas en términos de composición entre los grupos resultantes se utilizó el Procedimiento de Permutación Multirespuesta (MRPP por sus siglas en inglés) (McCune y Grace, 2002) con distancia Euclídeana (Pythagorean). El MRPP provee un valor A útil para determinar cuán similar son las unidades de muestreo entre cada grupo. Cuando la heterogeneidad entre grupos fue igual a lo esperado por chance  $A = 0$ ; si las observaciones dentro de los grupos fueran idénticas,  $A = 1$ ; cuando hay más heterogeneidad entre grupos que la esperada por chance,  $A < 0$ . Adicionalmente, un valor de  $p$  (probabilidad) es proveído

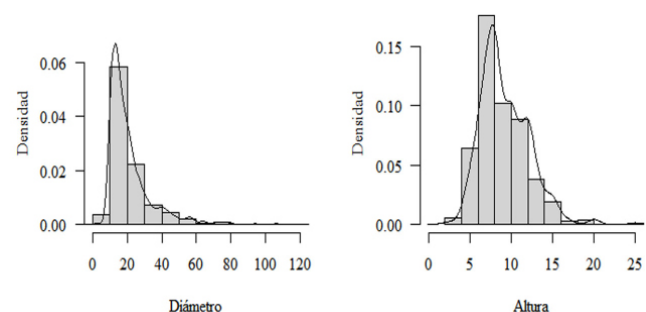
para evaluar la probabilidad de observar diferencias por chance.

Las especies ecológicamente importantes fueron determinadas con el Análisis de Especies Indicadoras (ISA) (McCune y Grace, 2002). Este análisis combina matemáticamente la abundancia relativa y la frecuencia relativa de las especies dentro de un grupo dado y la fiabilidad de ocurrencia de esas especies en tales grupos. El análisis proporciona un valor de indicación (VI) y un valor de  $p$  para cada especie utilizando el procedimiento de permutación de Monte Carlo con 4 999 aleatorizaciones. El nivel de significancia utilizado en este trabajo fue de 0.05. Los análisis MRPP e ISA se realizaron en el programa PCORD 6.08 (McCune y Mefford, 2011).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Descripciones generales de la flora arborecente.** En el área muestreada se contaron un total de 1 186 individuos, distribuidos en 96 especies, 74 géneros y 35 familias. Las especies más abundantes según el número de individuos fueron en principio: *Trichilia trifolia* (115 individuos) y *Guazuma ulmifolia* (111), seguidos de *Lonchocarpus chiangii* (75), *Cordia alliodora* (57), *Inga vera* (56), *Daphnopsis americana* (46), *Guettarda macrosperma* (40), *Thouinidium decandrum* (38) y *Platymiscium parviflorum* (34). El resto de las especies fueron registradas con menos de 30 individuos. La familia más abundante según el número de especies fue *Fabaceae* (23 especies) seguida de *Meliaceae* (6) y *Rubiaceae* (5). El resto de las familias estaban representadas por menos de cuatro especies.

De manera general el diámetro promedio  $\pm$  error estándar de los árboles muestreados fue de  $21.7 \pm 0.5$  cm. A como se muestra en la Figura 2, la mayoría (84 %) de los individuos de flora arborecente muestreados pertenecían a los rangos de diámetro 10 – 20 cm seguidos de 20 – 30 cm; siendo representativas (según el número de individuos) en estos rangos de diámetro las especies más abundantes antes mencionadas. Una minoría (0.5 %) se encuentra entre los rangos 80 – 130 cm, representado por las especies *Guettarda macrosperma*, *Terminalia oblonga*, *Ficus insipida*, *Brosimum alicastrum*, *Albizia guachapele* y *Enterolobium cyclocarpum*.



**Figura 2.** Distribución de los diámetros (cm) y alturas (m) de todos los individuos observados mediante el cálculo de los estimados de densidad (incluye curva de densidad).

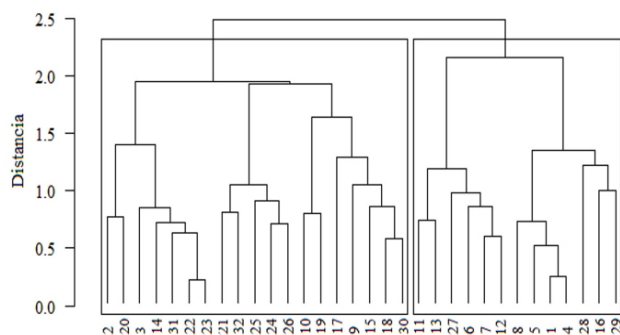
## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

En cuanto a la altura, los árboles tenían altura promedio  $\pm$  error estándar de  $9.4 \pm 0.1$  m. La mayoría (70 %) de los individuos de flora arborecente muestreados se encontraban en los rangos de altura de 7 – 12 m. Una minoría (0.8 %) se encuentra entre los rangos 20 – 25 m, entre las especies que se encuentran en este rango están: *Cecropia peltata*, *Cedrela odorata*, *Lonchocarpus chiangii* y *Terminalia oblonga*.

La distribución de las dos variables es asimétrica y la mayor densidad de ocurrencia se concentra en los menores valores, este tipo de distribución es evidencia de un bosque en desarrollo con mayor abundancia de individuos de porte pequeño y muy raros individuos de porte grande (González-Rivas, 2005; Garmendia *et al.* 2008; Zamora, 2010; Obando y Oliva, 2011; Blanco, 2017; Bustillo, 2017).

### Definición de comunidades basado en composición.

Como análisis exploratorio preliminar para la definición de comunidades basado en la composición se utilizó el Análisis de Conglomerado, con el cual se definieron claramente dos grupos de aglomeración de las parcelas de muestreo, el primer grupo agrupando 19 parcelas y el segundo 13 parcelas. En la Figura 3 se aprecian en análisis con los dos grupos, el grupo 1 a la izquierda y el grupo 2 a la derecha. Con la formación de los dos grupos heterogéneos se sospecha que la vegetación está constituida por dos comunidades arbóreas, el siguiente paso fue confirmar la existencia de esas comunidades y su asociación con la variable elevación.

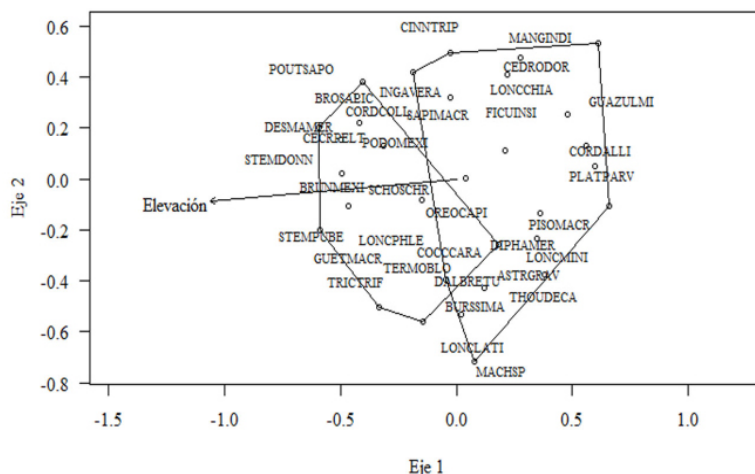


**Figura 3.** Análisis de conglomerado para agrupar las parcelas en función del tipo y abundancia de las especies.

La interacción entre las dos comunidades (grupos) formadas mediante el Análisis de Conglomerado y la variable Elevación (m) fueron visualizadas por medio de un Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMS) con distancia Bray-Curtis. Para esta ordenación se obtuvo una solución bidimensional con 0.25 de estrés y 20 iteraciones.

En la ordenación (Figura 4) se muestran tres componentes: 1) Las parcelas representadas con puntos huecos; 2) Las especies con las etiquetas de sus nombres

codificados y 3) El vector correspondiente a los valores de la variable Elevación. Los polígonos encierran a los sitios agrupados según el Análisis de Conglomerado anterior (Figura 3). La ordenación NMS evidencia que existen dos comunidades separadas formando parte de la composición florística de toda el área de estudio y también que esta divergencia de comunidades podría estar asociada a la variable Elevación.



**Figura 4.** Análisis de escalamiento multidimensional no-métrico.

Las diferencias en las comunidades son notorias en el NMS pues los polígonos solo se superponen en una pequeña región de estos, haciendo notoria la sospecha de que en realidad son agrupaciones vegetales diferentes (en términos de composición). También es notorio que el eje X del gráfico podría estar representado por el gradiente de Elevación (determinado por el vector) el que aumenta sus valores hacia la izquierda, por consiguiente, el polígono de la izquierda (el grupo 2 en la Figura 3) contiene las parcelas, y por ende las especies, más asociadas a valores altos de la elevación; y en contraposición el polígono de la derecha (el grupo 1 en la Figura 3) contiene las parcelas, y las especies, más asociadas a valores bajos de la elevación.

En el NMS se pueden visualizar algunas especies que están asociadas a valores altos de elevación, como DAPHAMER, STEM DONN, BRUNMEXI, STEM PUSE (nombres completos en Cuadro 1) entre otras, y algunas especies que están asociadas a valores bajos de elevación como GUAZULMI, CEDREODR, CORDIALLI, PLATPARV entre otras; sin embargo, el NMS es un análisis exploratorio global para visualizar las relaciones, en términos de inferir diferencia entre las dos comunidades y de evaluar la verdadera asociación de las especies en cada comunidad se utilizó el Procedimiento de Permutación Multirespuesta (MRPP) y el Análisis de Especies Indicadoras (ISA).

Utilizando en MRPP, se comparó la composición de especies de las dos comunidades (grupos) formados y

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

visualizados en el NMS. Como resultado se confirma que existe diferencias altamente significativas en términos de composición ( $A=0.053$ ,  $p=0.000025$ ). En base a este resultado se puede concluir que realmente el bosque en el sitio de estudio en general está definido por dos comunidades y que esas diferencias pueden estar influenciadas con la elevación, ya que el valor promedio de la elevación en las parcelas de la comunidad asociada positivamente a dicha variable es de  $856.3 \pm 41.1$  m (media  $\pm$  error estándar) y el valor promedio de la elevación en las parcelas de la comunidad asociada negativamente a dicha variable es de  $717.2 \pm 30.0$  m. La diferencia de la elevación comparada entre los grupos de parcelas es significativa ( $p=0.01$ ).

### Selección de especies indicadoras por comunidad (grupo).

Con el MRPP se confirmó la diferencia entre las dos comunidades en términos de composición, esto también fue notorio visualmente en el NMS; seguidamente mediante el Análisis de Especies Indicadoras se determinaron las especies en particular que son representativas (en cuanto a abundancia y frecuencia relativa) de cada comunidad y que por lo tanto, son ecológicamente importantes.

El Cuadro 1 muestra el resultado del Análisis de Especies Indicadoras para cada una de las comunidades definidas en la Figura 3 y visualizadas en la Figura 4. El resultado general de la prueba de Monte Carlo resultó ser significativo ( $p=0.0002$ ). Las especies *Guazuma ulmifolia* (76.7) y *Cordia alliodora* (65.0) fueron las que mayor Valor de Indicación (VI) obtuvieron para el grupo 1 (visualizado como el polígono de la derecha en la Figura 4), con valores de  $p$  altamente significativo y muy significativo respectivamente ( $p=0.0008$  y  $p=0.0030$ ). Siendo estas las especies ecológicamente importantes en esta comunidad que ocurre en elevación promedio de  $717.2 \pm 30.0$  m. El resto de las especie de ese grupo (14) resultaron con Valor de Indicación menores a 35 y con  $p \geq 0.05$ .

Las especie *Daphnopsis americana* (73.4) y *Stemmadenia donnell-smithii* (53.8) fueron las que mayor VI obtuvieron del grupo 2 (visualizado como el polígono de la izquierda en la Figura 4), con valores de  $p$  altamente significativos respectivamente ( $p=0.0002$  y  $p=0.0008$ ). *A. D. americana* y *S. donnell-smithii* le siguen tres especies también con VI altos y  $p$  muy significativos ( $p=0.0048$ ,  $p=0.0062$  y  $p=0.0076$ ): *Guettarda macrosperma* (59.1), *Trichilia trifolia* (52.2) y *Pouteria sapota* (44.7) y cinco especies con VI altos y medios, y  $p$  significativos ( $p=0.0176$ ,  $p=0.0200$ ,  $p=0.0236$ ,  $p=0.0236$  y  $p=0.0314$ ): *Brosimum alicastrum* (36.0), *Brunellia mexicana* (35.7), *Inga vera* (47), *Stemmadenia pubescens* (30.8) y *Lonchocarpus phlebophyllus* (40.4). Siendo estas las especies ecológicamente importantes en esta comunidad que ocurre en elevación promedio de  $856.3 \pm 41.1$  m. El resto de las especie de ese grupo (9) resultaron con VI menores a 30 y con  $p \geq 0.05$ .

La comunidad asociada negativamente con la elevación (grupo 1) ocurren principalmente en bosques con estados sucesionales tempranos e influenciados por las actividades humanas, en especial *G. ulmifolia*, una especie pionera de bosques jóvenes, asociada con bosques perturbados y pastizales (Francis, 1991; Stevens *et al.* 2001) de la zona

**Cuadro 1.** Especies incluidas en los análisis multivariados (35 especies) para cada comunidad (grupo) presentando el Valor de Indicación (VI), incluyendo el valor de  $p$  obtenido mediante la prueba de Monte Carlo para cada especie

Nombre científico	Código	Grupo	VI	$p$	
<i>Guazuma ulmifolia</i>	GUAZULMI	1	76.7	0.0008	***
<i>Cordia alliodora</i>	CORDALLI	1	65.0	0.0030	**
<i>Thouinidium decandrum</i>	THOUDECA	1	34.5	0.0670	
<i>Diphysa americana</i>	DIPHAMER	1	23.8	0.1946	
<i>Lonchocarpus chiangtii</i>	LONCCHIA	1	44.3	0.2084	
<i>Astronium graveolens</i>	ASTRGRAV	1	23.5	0.2244	
<i>Coccoloba caracasana</i>	COCCCARA	1	15.8	0.2531	
<i>Cedrela odorata</i>	CEDRODOR	1	23.7	0.2537	
<i>Machaerium Sp.</i>	MACHSP	1	16.3	0.3479	
<i>Platymiscium parviflorum</i>	PLATPARV	1	22.9	0.4491	
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	LONCMINI	1	16.2	0.4617	
<i>Mangifera indica</i>	MANGINDI	1	10.5	0.5047	
<i>Lonchocarpus latifolius</i>	LONCLATI	1	11.0	0.6927	
<i>Pisonia macranthocarpa</i>	PISOMACR	1	12.2	0.8174	
<i>Bursera simaruba</i>	BURSSIMA	1	12.8	0.9022	
<i>Ficus insipida</i>	FICUINSI	1	8.70	0.9302	
<i>Daphnopsis americana</i>	DAPHAMER	2	73.4	0.0002	***
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	STEMDONN	2	53.8	0.0008	***
<i>Guettarda macrosperma</i>	GUETMACR	2	59.1	0.0048	**
<i>Trichilia trifolia</i>	TRICTRIF	2	52.2	0.0062	**
<i>Pouteria sapota</i>	POUTSAPO	2	44.7	0.0076	**
<i>Brosimum alicastrum</i>	BROSALIC	2	36.0	0.0176	*
<i>Brunellia mexicana</i>	BRUNMEXI	2	35.7	0.0200	*
<i>Inga vera</i>	INGAVERA	2	47.2	0.0236	*
<i>Stemmadenia pubescens</i>	STEMPUBE	2	30.8	0.0236	*
<i>Lonchocarpus phlebophyllus</i>	LONCPHLE	2	40.4	0.0314	*
<i>Cecropia peltata</i>	CECRPELT	2	29.7	0.0786	
<i>Cordia collococca</i>	CORDCOLL	2	20.3	0.3517	
<i>Podopteris mexicana</i>	PODOMEXI	2	29.8	0.4269	
<i>Sapium macrocarpum</i>	SAPIMACR	2	21.8	0.4567	
<i>Terminalia oblonga</i>	TERMOBLO	2	12.2	0.5085	
<i>Oreopanax capitatus</i>	OREOCAPI	2	17.3	0.6025	
<i>Schoepfia schreberi</i>	SCHOSCHR	2	13.7	0.7407	
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	CINNTRIP	2	14.9	0.7720	
<i>Dalbergia retusa</i>	DALBRETU	2	13.0	0.7844	

DE= Desviación Estándar; \*\*\* altamente significativo; \*\* muy significativo; \* significativo.

seca o transicional. La otra especie con alto VI en este grupo fue *C. alliodora*, una especie muy utilizada por los productores por su alto valor como madera y su potencial para ser combinado con cultivos (sistemas agroforestales) en los que se aprecia su copa abierta y rala, y su capacidad de autopoda (Cordero y Boshier, 2003). Otras especies que evidencian fuerte influencia humana en el área dominada por la comunidad representada por *G. ulmifolia* están: *Coccoloba caracasana* y *Mangifera indica*. De hecho, en la parte media y baja de la microcuenca es usual encontrar sistemas agroforestales de café con sombra (Garmendia y Herrera, 2018), de tal forma que probablemente los bosques aledaños a estos sistemas hayan sufrido cierta influencia humana.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Las especies con alto VI que forman parte de la comunidad asociada positivamente con la elevación (grupo 2) ocurren principalmente en ecosistemas naturales de la zona y asociadas a bosques con relativa poca perturbación. *Daphnopsis americana* es una especie bien distribuida en bosques siempreverdes en el norte del país; *S. donnell-smithii* es una especie típica de bosque seco con cierta sombra; *G. macrosperma* y *T. trifolia* ocurren principalmente en bosques estacionales, de galería o deciduos y a veces siempreverdes; *P. sapota* aunque es popularmente cultivado, es frecuente en bosques húmedos; *B. alicastrum* es común en bosques deciduos y siempreverdes, así como en riberas en zonas semiárida; *B. mexicana* es una especie rara de nebliserva de la zona central; *I. vera* una especie muy utilizada en sistemas agroforestales, pero que también ocurre en ecosistemas naturales secos y húmedos; *S. pubescens* común en bosques secos y caducifolios y *L. phlebophyllus* común en bosques caducifolios en la zona pacífica y norcentral (Stevens et al. 2001; Cordero y Boshier, 2003).

### CONCLUSIONES

La composición del bosque transicional de la microcuena El Zapote está representado por dos comunidades arbóreas asociadas a un gradiente de elevación.

Las especies indicadoras de las zonas más bajas fueron, en orden de importancia: *Guazuma ulmifolia* y *Cordia alliodora*; en cambio, en las zonas más altas fueron, en orden de importancia: *Daphnopsis americana*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *Guettarda macrosperma*, *Trichilia trifolia*, *Pouteria sapota*, *Brosimum alicastrum*, *Brunellia mexicana*, *Inga vera*, *Stemmadenia pubescens* y *Lonchocarpus phlebophyllus*.

Debido a la presencia de especies arbóreas que son ecológicamente importantes en la parte alta de la microcuena, se puede deducir que en esta zona se conservan remanentes de bosques naturales con poco grado de intervención; opuesto a lo que ocurre en la parte baja, donde las especies son representativas de bosques secundarios y alterados, incluyendo especies introducidas por el ser humano.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, B. (2017). *Dinámica Poblacional en una Cronosecuencia de Bosque Seco Tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica* [Tesis de grado, Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio Tecnológico de Costa Rica. <http://hdl.handle.net/2238/9241>
- Borcard, D., Gillet, F. y Legendre, P. (2011). *Numerical Ecology with R*. Springer
- Bustillo, I. (2017). *Composición, Estructura y Dinámica de las Especies Arbóreas del Bosque de Galería de la Reserva Hídrica Forestal, Río Malacatoya, 2015-2016* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3577/1/tnk10b982c.pdf>
- Chai, Z., Fan, D. y Wang, D. (2016). Environmental factors and underlying mechanisms of tree community assemblages on pine-oak mixed forests in the Qinling Mountains, China. *Journal of Plant Biology*, 59, 347-357. <https://doi.org/10.1007/s12374-015-0503-0>
- Cordero, J. y Boshier, D. H. (ed.). (2003). *Árboles de Centroamérica, un Manual para Extensionistas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Cuyckens G, A. E., Malizia, L. R. y Blundo, C. (2015). Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropicales de montaña (Serranías de Zapla, Jujuy, Argentina). *Madera y Bosques*, 21(3), 137-148. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.213463>
- Francis, J. K. (1991). *Guazuma ulmifolia Lam. Guácima*. SO-ITF-SM-47. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Garmendia, G. y Herrera J. (2018). *Relación entre la composición de la flora arbórea y variables ambientales, dasométricas y silviculturales en dos ecosistemas de la microcuena "El Zapote", Terrabona - San Dionisio, Matagalpa, Nicaragua* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3734/1/tnk10g233.pdf>
- Garmendia, M., Quezada, J. B., Armas, H. y Meneces, E. (2008). Composición, diversidad, estructura e importancia de las especies arbóreas y palmas del bosque seco de la finca "Rosita", Reserva Natural Estero Padre Ramos, Chinandega, Nicaragua. *La Calera*, 8(11), 66-73. <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/125/125>
- González-Rivas, B. (2005). *Tree species diversity and regeneration of tropical dry forest in Nicaragua* [Tesis doctoral, Swedish University of Agricultural Sciences]. Open access publications in the SLU publication database. <https://pub.epsilon.slu.se/837/1/FinalFinalSummary.pdf>
- Irl, S., Harter, D., Steinbauer, M., Gallego, D., Fernández-Palacios, J., Jentsch, A. y Beierkuhnlein, C. (2015). Climate vs. topography - spatial patterns of plant species diversity and endemism on a high-elevation island. *Journal of Ecology*, 103, 1621-1633. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12463>
- Jiménez, L., Capa-Mora, D., Quichimbo, P., Mezquida, E., Benito, M. y Rubio, A. (2016). Influencia de las características ambientales en la composición florística de un bosque siempreverde piemontano. *Bosque Latitud Cero*, 6(2), 88-103. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/232/215>
- Johansson, B. y Chen, D. (2003). The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modeling. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1523-1535.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Kessler, M., Grytnes, J., Halloy, S., Kluge, J., Krömer, T., León, B., Marcía, M. y Young, K. (2012). Gradientes de Diversidad Vegetal: Patrones y Procesos Locales. En S.K. Herzog, R. Martínez, P.M. Jørgensen, H. Tiessen. (Eds.) *Cambio Climático y la Biodiversidad en los Andes Tropicales* (pp. 235-253). Inter-American Institute of Global Change Research (IAI), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). <https://jcmendo.com/wp-content/uploads/2018/docs-publi-cursos/documentacion-tecnica/Cambio%20Climatico%20y%20Biodiversidad%20en%20los%20Andes%20Tropicales%20Foundation%20Mc%20Arthur.pdf>
- Krishnadas, M., Kumar, A. y Comita, L.S. (2016). Environmental gradients structure tropical tree assemblages at the regional scale. *Journal of Vegetation Science*, 27(6), 1117-1128. <https://doi.org/10.1111/jvs.12438>
- McCune, B. y Grace, J. B. (2002). *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design
- McCune, B. y M. J. Mefford. (2011). PC-ORD. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. (Version 6.08) [Software].
- Meyrat, A. (2006). *Descripción de Ecosistemas y Formaciones Vegetales de Nicaragua*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Meyrat, A., Quezada, J. B. y Garmendia, M. (2012). *Árboles y Arbustos Predominantes de Nicaragua*. Franklin Ruíz M. NOC Graphic & Web Design.
- Obando, R. y Oliva, E. (2011). *Estudio de la dinámica poblacional de diez especies arbóreas en un periodo 2006-2007 en el bosque seco secundario en la Comarca La Chipopa, Nandaime, Granada* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1157/1/tnk10o12.pdf>
- Oksanen, J., Guillaume, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D. y Wagner, H. (2018). *Community Ecology Package "vegan"*. (Version 2.5-2) [Software]. <https://cran.r-project.org/>
- Qanbari, V. y Akbar, A. (2015). The relationship between elevation, soil properties and vegetation cover in the Shorb-Ol-Ain watershed of Yazd. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(5), 49-56. <https://www.innspub.net/wp-content/uploads/2015/05/JBES-Vol6No5-p49-56.pdf>
- Quezada, J. B., Garmendia, M. y Meyrat, A. (2010). *Especies de árboles del Arboretum Alain Meyrat* (Vol. 1). Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2462/1/nf70q5v1.pdf>
- R Core Team. (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. (Version 3.2.2) [Software]. <http://www.R-project.org/>
- Ripley B., Venables, B., Bates, D., Hornik, K., Gebhardt, A. y Firth, D. (2018). *Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS*. (Version 7.3-50) [Software]. <https://cran.r-project.org/>
- Salas, J. B. (1993). Árboles de Nicaragua. IRENA.
- Sánchez, B., Ruiz, M. y Ríos, M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 56(4), 507-534. <http://ve.scielo.org/pdf/at/v55n4/art04.pdf>
- Sanchez-Moreno, J. F., Mannaerts, C. M. y Jetten, V. (2014). Influence of topography on rainfall variability in Santiago Island, Cape Verde. *International Journal of Climatology*, 34, 1081-1097. <https://doi.org/10.1002/joc.3747>
- Stevens, W., Ulloa, C., Pool, A. y Montiel, O. (ed.). (2001). *Flora de Nicaragua* (Tomo I, II y III). Missouri Botanical Garden.
- Toledo-Garibaldi, M. y Williams-Linera, G. (2014). Tree diversity patterns in successive vegetation type along an elevation gradient in the Mountains of Eastern Mexico. *Ecological Research*, 29(6), 1097-1104. <https://doi.org/10.1007/s11284-014-1196-4>
- Vargas, O. (ed.). (2007). *Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Universidad Nacional de Colombia. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/06/guia-metodologica-restauracion-ecologica.pdf>
- Zamora, M. (2010). *Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica* [Tesis de grado, Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio Tecnológico de Costa Rica. <http://hdl.handle.net/2238/3017>