



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

POSGRADO EN BIOLOGÍA

**Composición florística y estructura de árboles y
arbustos de la selva baja caducifolia del Cerro “La Cazuela”,
Tlaucingo, Puebla, México**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

Biól. Francisco Alain Onofre Vivar

Matricula: 2223803890

Correo: alainonofre899@gmail.com

ORCID: 0009-0007-7401-6012

Codirectoras:

Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde M. en C. Angélica Martínez Bernal

Asesora: Dra. Susana Adriana Montaña Arias

JURADO:

Presidenta: Dra. Rosaura Grether González

Secretaria: Dra. María del Rocío Zárate Hernández

Vocal: Dra. Susana Adriana Montaña Arias

Vocal: M. en B. Eduardo Chimal Sánchez

Iztapalapa, Ciudad de México a 16 de diciembre de 2025



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

**La Maestría en Biología de la
Universidad Autónoma Metropolitana
pertenece al Sistema Nacional de
Posgrados**

Esta tesis se realizó en el Laboratorio de Biosistemática de Leguminosas, del Departamento de Biología, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

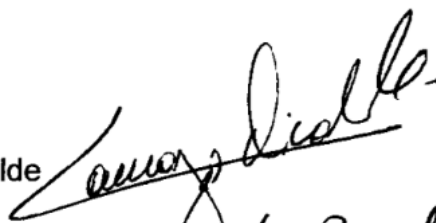
El jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Unidad
Iztapalapa, aprobó la tesis que presentó

Biól. Francisco Alain Onofre Vivar

El día 16 de diciembre del año de 2025

Comité Tutorial y Jurado

Codirectora: Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde



Codirectora: M. en C. Angélica Martínez Bernal



Asesora: Dra. Susana Adriana Montaña Arias



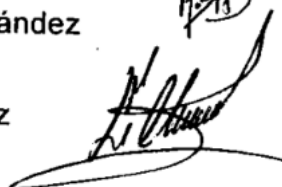
Sinodal: Dra. Rosaura Grether González



Sinodal: Dra. María del Rocío Zárate Hernández



Sinodal: M. en B. Eduardo Chimal Sánchez



Declaración de originalidad

El que suscribe, Francisco Alain Onofre Vivar, alumno de la Maestría en Biología, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, y autor de la tesis o idónea comunicación de resultados titulada: “Composición florística y estructura de árboles y arbustos de la selva baja caducifolia del Cerro ‘La Cazuela’, Tlaucingo, Puebla, México”.

Declaro que:

1. La tesis o idónea comunicación de resultados que presento ante el H. Jurado para la obtención del grado de Maestro en Biología es de mi autoría y original creación, producto del resultado de mi trabajo de investigación personal e individual; el cual cuenta con las correspondientes citas textuales del material bibliográfico utilizado y con el debido otorgamiento de los créditos autorales.
2. En la tesis o idónea comunicación de resultados no he reproducido párrafos completos; ilustraciones, fotografías, diagramas, cuadros y tablas, sin otorgamiento del crédito autoral y fuente correspondiente.
3. En consecuencia, relevo de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma Metropolitana de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre la tesis o idónea comunicación de resultados, respondiendo por la autoría y originalidad de ésta, asumiendo todas las consecuencias económicas y jurídicas si ésta no fuese de mi creación.

La presente declaración de originalidad se firma en la Ciudad de México, el 16 de diciembre de 2025.

Atentamente



Biól. Francisco Alain Onofre Vivar

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, que es mi mayor apoyo y motivación en todos los planes que me propongo.

A mis padres, Francisco Onofre y Patricia Vivar, por darme la vida y la oportunidad de formarme académicamente apoyando todas mis decisiones. A mis hermanas Maura e Itzel y mi cuñado Alex, por su ayuda y acompañamiento en cada etapa del desarrollo de este proyecto, a mis sobrinos Fray y Jesús, por ser un motor que impulsa mis esfuerzos.

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por la beca otorgada (CVU:125923/Beca:839825), que fue la principal fuente económica para la manutención propia y gastos emergentes del proyecto.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por abrirme sus puertas nuevamente, sus instalaciones, materiales y apoyos de becas adicionales que favorecieron la idónea conclusión del proyecto.

Al Laboratorio de Biosistemática de Leguminosas, por brindarme un espacio de trabajo y muchos buenos momentos.

A mi Comité Tutorial, por brindarme su confianza y apoyo en el planteamiento, desarrollo e idónea comunicación de resultados del proyecto de tesis.

A mi codirectora, la Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde, por brindarme un espacio en su cubículo, bibliografía personalizada, orientación y bases sólidas de formación para

desarrollar el proyecto. Por su apoyo logístico y de campo para la obtención de datos, por su confianza en todo momento, y siempre otorgarme el visto bueno en las actividades desempeñadas.

A mi estimada codirectora, la Maestra Angélica Martínez Bernal, por motivarme a realizar el presente estudio, desde su invitación a realizar el posgrado, así como su constante apoyo, mentoría y motivación para concluir. Por brindarme sus conocimientos en el fascinante mundo de las plantas, por su tiempo siempre disponible para resolver dudas, otorgarme sus consejos y brindarme su constante apoyo personal y académico, en el trabajo de campo, eventos de difusión y situaciones personales.

A la Dra. Susana Adriana Montaña Arias, por su disposición a enriquecer el proyecto, por su tiempo dedicado a brindarme asesorías y por sus recomendaciones para mi formación personal y académica en la investigación.

A la Dra. Rosaura Grether, por considerarme su hijo académico, por su acompañamiento, sus consejos, orientación, por su aprecio, y apoyo personal y académico en todo momento.

A la Maestra María Eugenia Fraile Ortega, por sus charlas motivacionales, su ayuda académica y personal, y especialmente por brindarme su amistad.

A la Dra. Leticia Pacheco, la Biól. Rosalinda Medina, el Biól. Andrés Sánchez y el Dr. David Guzmán, por su amistad y motivarme a echarle muchas ganas.

A la Dra. Rocío Zárate y al Maestro Eduardo Chimal, por su disposición a apoyar el proyecto con sus recomendaciones y asesorías.

Al Dr. Francisco J. Gutiérrez Mendieta, por su apoyo como Coordinador de la Maestría en Biología, por facilitar el apoyo para realizar el curso de Identificación de árboles y arbustos, y el Diplomado en Estadística para la toma de decisiones.

Al Ing. Alberto Pérez Rojas, Coordinador de los Laboratorios Divisionales de Docencia, y al Técnico Luis González Reséndiz, por sus facilidades en el préstamo de material para el trabajo de campo.

A los especialistas por su asesoría en la identificación de diversos taxones en los que se tenían dudas: Dr. Víctor W. Steinmann (Euphorbiaceae), Dr. Leonardo Alvarado (Apocynaceae), Dr. Luis Morales (Asteraceae), Dr. Rodrigo Hernández (Bromeliaceae) y al M. en C. Gabriel Flores y la Dra. Rosaura Grether por su apoyo con Fabaceae.

A la Maestra Ana Rosa López Ferrari y los técnicos del herbario UAMIZ, los biólogos Reyna Cerón y Jorge Santana, por las facilidades en brindar el material para el montaje e incorporación de los ejemplares botánicos a la colección científica.

A las Licenciadas Maricela Rodríguez, Alicia Ramos y Angélica Ostos por su apoyo logístico y disposición para aclarar dudas respecto a los trámites escolares.

Al Presidente Municipal de Teotlalco, el Inspector Auxiliar de Tlaucingo, y el Comisariado de Bienes Comunales, del período 2022-2024, por su autorización y facilidades para realizar el trabajo de campo.

A mis amigos de la Universidad, Brenda, Lorena, Diana, Alina, Galo, Laura y Juset, por las charlas y buenos momentos que hacían más amena mi estancia en la UAM-I.

A mis compañeros de Laboratorio, Martha, Víctor, Alejandra, Montse, Brenda, Carolina y Estrella, por su amistad y porque siempre estuvieron dispuestos a escucharme y brindarme palabras de motivación.

A Jenny Flores Medina, por su acompañamiento y orientación en la elaboración del documento de tesis y los trámites correspondientes para la obtención del grado.

A mi familia materna, por ser mi segundo núcleo de desarrollo personal, por siempre apoyarme y el cariño que me tienen, los tengo siempre presentes.

A mi gran amigo, que es como un hermano, José Pedraza, por acompañarme en el trabajo de campo y todos los buenos momentos que compartimos, que han sido de gran ayuda para sobrellevar el posgrado.

A mis estimados amigos José Montesinos, Tadeo Granados, Areli Cortés y Yusimi Carrillo, por ser una pieza fundamental en mi día a día, por regalarme buenos momentos y estar cuando los necesito.

Por su apoyo en el trabajo en campo: Mtro. Manuel Ayala; Ing. José Pedraza; los biólogos Brenda Roblero, Alina Candia, Eduardo Solano, Francisco Santiago, David Sotelo, Tadeo López, Diana Manzo, Grecia Anaya, Emily Osornio; las licenciadas Zitlali Vivar, Monse Vivar, Jaqueline Vivar; los Sres. Antonio Ríos y Crisóforo Vivar, y a los jóvenes Cristopher Vivar, Leonardo Alatraste, Ramón Marín, Isela Marín, y Epifanio Parral.

A todos, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A mis padres Francisco Onofre Cortés y Margarita Patricia Vivar Herrera, con mucho amor, porque han estado para mí en todo momento, especialmente, cuando más los he necesitado.

"Lo que se conoce se quiere, y lo que se quiere se cuida"

- Juan Luis Cifuentes Lemus

1929 - 2025

RESUMEN

Las selvas bajas caducifolias (SBC) son comunidades dominadas por árboles de baja altura (≤ 15 m), con un período de sequía en el cual los elementos vegetales pierden las hojas. La conformación de estas comunidades suele presentar diversos tipos de arreglos florísticos y estructurales, como resultado adaptativo a la complejidad ambiental de México. El objetivo de este estudio fue determinar la composición florística, estructura y diversidad de la vegetación de una SBC y su relación con algunas variables abióticas (p. ej. altitud, pendiente y propiedades edáficas) presentes en el cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Municipio de Teotlalco, Puebla, México. El muestreo se realizó siguiendo el método de cuadrantes centrados en un punto, con un punto de muestreo ubicado cada 10 m (11 puntos por transecto), establecidos en 10 transectos (T) de 100 m cada uno (11 puntos por transecto x 10 transectos = 110 puntos en total); ocho con dirección Base-Cima (dos por ladera) y dos en la Cima. El trabajo consistió en el censo, medición de datos biométricos y colecta de ejemplares de referencia de árboles y arbustos, con un diámetro mínimo >1 cm y una altura mínima >30 cm. Los ejemplares botánicos se determinaron taxonómicamente y se incorporaron al Herbario Metropolitano (UAMIZ). Los estratos se clasificaron con base en la altura. De igual forma, se determinaron: Índice de Valor de Importancia (IVI), frecuencia de especies, densidad (individuos/ha), dominancia por área basal (m^2/ha), cobertura (m^2/ha), Diversidad de Shannon-Wiener, Dominancia de Simpson, Similitud de Jaccard y Morisita-Horn; asimismo, se generaron curvas de acumulación de especies y análisis de ocurrencia. Además, el cambio en las variables de altitud y pendiente se midieron en cada punto de muestreo, donde, también, se colectaron muestras compuestas de suelo de 500 g que fueron procesadas para analizar sus propiedades físicas y químicas; los análisis edáficos se realizaron en el Laboratorio de Suelos, del Instituto de Ecología (INECOL-Xalapa). Los datos de la vegetación y las variables ambientales se analizaron con estadística descriptiva y se realizaron comparaciones con una ANOVA o Kruskal-Wallis, según se cumplieran los supuestos de normalidad y homocedasticidad, seguidas por pruebas *post-hoc* para conocer las diferencias de dichas variables entre los 10 transectos. Igualmente, se realizaron comparaciones entre las laderas para determinar la existencia, en este caso, del efecto de “exposición de ladera” sobre la vegetación y el suelo. Con las variables de vegetación, se realizaron diagramas de dispersión, y análisis de correlación y regresión respecto de las variables de altitud y pendiente para determinar su relación. Por último, se llevó a cabo un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) para determinar la existencia de un patrón de ordenación debido a las propiedades edáficas y la vegetación por su ubicación en el cerro. Se registraron 214 especies, pertenecientes a 158 géneros y a 52 familias de angiospermas. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Acanthaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae y Cactaceae. Los géneros con mayor número de especies fueron *Bursera* (10) y *Mimosa* (6); se detectaron 78 especies endémicas y el resto son de amplia distribución en el trópico americano. Por su forma de crecimiento, 108 son árboles, 96 arbustos, 7 arborescentes y 3 rosetófilas. En la Lista Roja de la IUCN, 101 especies se encuentran en la categoría de preocupación menor, tres como casi

amenazadas, cinco vulnerables y cuatro en peligro de extinción; además, cinco se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tres amenazadas y dos en peligro de extinción. Con relación a la estructura, en total se registraron 850 individuos, 425 árboles (40% concentrados principalmente, en un estrato arbóreo medio, 4-6 m de altura) y 425 arbustos (57.4% en un estrato arbustivo alto, >2 m). Las especies arbóreas más abundantes y frecuentes fueron: *Euphorbia schlechtendalii* y *Lysiloma tergeminum*; y como arbustiva, *Acalypha filipes*. Además, por su IVI, las arbóreas más importantes fueron (T1-T10): *Bursera submoniliformis*, *B. xochipalensis*, *Cnidoscolus rostratus*, *Haematoxylum brasiletto*, *Jatropha elbae*, *B. linanoe*, *Sideroxylon capiri*, *Swietenia humilis*, y *E. schlechtendalii*; y en el caso de las arbustivas: *A. filipes* (T2, 3, 7 y 8), *Mimosa mollis* (T5, 6 y 10), *Randia thurberi* (T1), *Adelia oaxacana* (T4) y *Echinopterys eglandulosa* (T9). Los mayores valores de densidad fueron: 2,961 árboles/ha (T3) y 4,750 arbustos/ha (T4). La dominancia arbórea más elevada fue de 52.4 m²/ha (T5), y la arbustiva de 64.8 m²/ha (T3). Por presencia/ausencia, se contabilizaron 1,933 individuos; la diversidad arbórea fue $H' > 4$ en todos los transectos y la arbustiva osciló entre $H' = 3.2$ a $H' = 4.1$. La Similitud de Jaccard entre los transectos, fue de baja a intermedia, y con Morisita-Horn fue más elevada y se presentó un agrupamiento de las unidades de muestreo por laderas. La relación de la vegetación con la altitud y pendiente fue: altitud positiva con la altura arbustiva y distancia; así como negativa con la dominancia. La pendiente se correlacionó negativamente con la altura, área basal y cobertura arbustivas; y con la abundancia y la riqueza. La estructura arbórea y la diversidad no presentaron correlación. El análisis de ocurrencia expuso cambios en la composición florística: especies adaptadas a la aridez en la posición alta del cerro (-Cima- mayor exposición al sol) y especies umbrófilas en la posición baja. A través del análisis de varianza por laderas y del ACC, se determinó que las laderas Norte y Este presentan una mayor densidad de individuos, mayor altura de los arbustos, mayor abundancia, riqueza y diversidad. Asimismo, asociadas a dichas laderas, se registraron: una mayor humedad, materia orgánica, carbono orgánico, carbono total, nitrógeno total, fósforo total, cationes intercambiables y capacidad de intercambio catiónico; así como menor pH y densidad del suelo. Con respecto a las laderas Oeste y Sur, y la Cima, éstas están relacionadas directamente con el efecto de exposición de ladera a la radiación. Finalmente, es importante resaltar que éste es el primer estudio florístico y ecológico que se ha llevado a cabo en el cerro "La Cazuela". La vegetación es típica de una SBC de la vertiente del Pacífico Mexicano, con características estructurales de las regiones con más aridez, como una mayor presencia de un estrato arbóreo bajo, estrato arbustivo mayormente alto y el enriquecimiento de elementos adaptados a las condiciones áridas como cactáceas y rosetófilas. Por lo anterior, los resultados de esta tesis son un aporte esencial para la implementación de planes de conservación, manejo y restauración de las SBC de nuestro país.

ABSTRACT

Low deciduous forests (LDF) are communities dominated by small trees (≤ 15 m), with a dry period during which the vegetation loses its leaves. The composition of these communities often presents various types of floristic and structural arrangements, as an adaptive response to the environmental complexity of Mexico. The objective of this study was to determine the floristic composition, structure, and diversity of the vegetation of a LDF and its relationship with some abiotic variables (e.g., altitude, slope, and soil properties) present on "La Cazuela" hill, Tlaucingo, Municipality of Teotlalco, Puebla, Mexico. Sampling was carried out using the point-centered quarter method, with a sampling point located every 10 m (11 points per transect), established along 10 transects (T) of 100 m each (11 points per transect $\times$ 10 transects = 110 points in total); eight in a base-to-summit direction (two per slope) and two at the summit. The work consisted of a census, measurement of biometric data, and collection of reference specimens of trees and shrubs, with a minimum diameter of >1 cm and a minimum height of >30 cm. The botanical specimens were taxonomically identified and incorporated into the Metropolitan Herbarium (UAMIZ). The strata were classified based on height. Likewise: Importance Value Index (IVI), species frequency, density (individuals/ha), dominance by basal area (m^2/ha), coverage (m^2/ha), Shannon-Wiener Diversity, Simpson Dominance, Jaccard Similarity, and Morisita-Horn were determined; species accumulation curves and occurrence analysis were also generated. Additionally, changes in altitude and slope variables were measured at each sampling point, where composite soil samples of 500 g were also collected and processed to analyze their physical and chemical properties; the soil analyses were carried out at the Soil Laboratory of the Institute of Ecology (INECOL-Xalapa). Vegetation data and environmental variables were analyzed using descriptive statistics, and comparisons were made with an ANOVA or Kruskal-Wallis test, depending on whether the assumptions of normality and homoscedasticity were met, followed by *post-hoc* tests to determine differences in these variables among the 10 transects. Similarly, comparisons were made between slopes to determine, in this case, the existence of a "slope exposure" effect on vegetation and soil. Using vegetation variables, scatter plots, correlation analyses, and regression analyses were carried out in relation to altitude and slope variables to determine their relationship. Ultimately, a Canonical Correspondence Analysis (CCA) was conducted to determine the existence of an ordination pattern due to edaphic properties and vegetation based on their location on the hill. A total of 214 species were recorded, belonging to 158 genera and 52 families of angiosperms. The best-represented families were Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Acanthaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, and Cactaceae. The genera with the highest number of species were *Bursera* (10) and *Mimosa* (6); 78 endemic species were detected, and the rest occur in Mexico and widely distributed in the American tropics. By growth form, 108 are trees, 96 shrubs, 7 arborescent, and 3 rosette-forming. In the IUCN Red List, 101 species are in the least concern category, three are nearly threatened, five are vulnerable, and four are endangered; additionally, five are listed under NOM-059-SEMARNAT-2010, three as threatened and two as endangered. Regarding the structure, a total of 850 individuals were recorded,

including 425 trees (40% concentrated mainly in a medium tree stratum, 4-6 m in height) and 425 shrubs (57.4% in a tall shrub stratum, >2 m). The most abundant and frequent tree species were *Euphorbia schlechtendalii* and *Lysiloma tergeminum*, and as a shrub, *Acalypha filipes*. Furthermore, according to their IVI, the most important trees were (T1-T10): *Bursera submoniliformis*, *B. xochipalensis*, *Cnidoscolus rostratus*, *Haematoxylum brasiletto*, *Jatropha elbae*, *B. linanoe*, *Sideroxylon capiri*, *Swietenia humilis*, and *E. schlechtendalii*; and for shrubs: *A. filipes* (T2, 3, 7, and 8), *Mimosa mollis* (T5, 6, and 10), *Randia thurberi* (T1), *Adelia oaxacana* (T4), and *Echinopterys eglandulosa* (T9). The highest density values were 2,961 trees/ha (T3) and 4,750 shrubs/ha (T4). The highest tree dominance was 52.4 m²/ha (T5), and the highest shrub dominance was 64.8 m²/ha (T3). By presence/absence, 1,933 individuals were recorded; the tree diversity was $H' > 4$ in all transects, and shrub diversity ranged from $H' = 3.2$ to $H' = 4.1$. Jaccard similarity between transects was low to intermediate, while Morisita-Horn similarity was higher, showing a clustering of sampling units by slope. The relationships of vegetation with altitude and slope were: altitude positively correlated to shrub height and distance, and negatively to dominance. Slope was negatively correlated to shrub height, basal area, cover abundance and richness. Tree structure and diversity showed no correlation. The occurrence analysis revealed changes in the floristic composition: species adapted to aridity were found in the upper position of the hill (-summit- with greater sun exposure) and shade-loving species in the lower position. Through variance analysis by slopes and CCA, it was determined that the North and East slopes have a higher density of individuals, taller shrubs, and greater abundance, richness, and diversity. Likewise, associated with these slopes, higher moisture, organic matter, organic carbon, total carbon, total nitrogen, total phosphorus, exchangeable cations, and cation exchange capacity were recorded, as well as lower soil pH and density. Regarding the West and South slopes, and the Summit, these are directly related to the effect of slope exposure to radiation. Finally, it is important to highlight that this is the first floristic and ecological study carried out on "La Cazuela" hill. The vegetation is typical of a LDF on the Mexican Pacific slope, with structural characteristics of more arid regions, such as a greater presence of a low tree layer, a mostly tall shrub layer, and the enrichment of elements adapted to arid conditions, such as cacti and rosette plants. For these reasons, the results of this thesis are an essential contribution for the implementation of conservation, management, and restoration plans for LDFs in our country.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	5
DEDICATORIA.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN.....	22
2. ANTECEDENTES.....	26
2.1. Estudios de composición florística, diversidad y estructura de la vegetación en las SBC de Puebla	26
2.2. Estudios botánicos en el municipio de Teotlalco	30
3. JUSTIFICACIÓN	31
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	33
5. HIPÓTESIS.....	33
6. OBJETIVOS	34
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	34
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
7. MÉTODOS.....	34
7.1. Área de estudio.....	34
7.2. Muestreo de la vegetación	36
7.3. Identificación del material botánico	37
7.4. Análisis estructural	38
7.4.1 Estructura vertical	38
7.4.2. Estructura horizontal.....	39
7.4.2.1 Índice de Valor de Importancia (IVI)	39
7.4.2.2. Densidad (D)	39
7.4.2.3. Dominancia (d)	41
7.4.2.4. Frecuencia.....	42
7.5. Análisis de diversidad.....	43
7.5.1. Diversidad alfa (α).....	43
7.5.2. Diversidad beta (β).....	44
7.6. Muestreo y análisis del suelo.....	46
7.6.1. Muestreo del suelo	46

7.6.2. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo	46
7.7. Análisis estadísticos	48
8. RESULTADOS	49
8.1. Composición florística del Cerro La Cazuela (CLC).....	49
8.2. Estructura	60
8.2.1. Conformación de la comunidad vegetal	60
8.2.2. Estructura vertical arbórea	60
8.2.3. Estructura vertical arbustiva	60
8.2.4. Estructura horizontal arbórea	61
8.2.5. Estructura horizontal arbustiva	62
8.3. Diversidad.....	68
8.3.1. Abundancia de individuos	68
8.3.2. Diversidad alfa (α)	69
8.3.3. Diversidad Beta (β)	71
8.4. Altitud, pendiente y vegetación	74
8.5. Suelo, topografía y vegetación	82
8.5.1 Propiedades edáficas	82
8.5.2. Altitud y pendiente por ladera	87
8.5.3. Vegetación por ladera	89
8.5.4. Relación suelo-vegetación	92
9. DISCUSIÓN.....	97
9.1. Composición florística, estructura y diversidad	97
9.2. Topografía-Vegetación.....	103
9.3. Efecto de ladera	107
10. CONCLUSIONES	110
11. PERSPECTIVAS	112
12. BIBLIOGRAFÍA.....	113
13. ANEXOS	134
Anexo 1.....	134
Anexo 2.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica del área de estudio, elaborada en QGIS 3.16.10. A: Ubicación geográfica del estado de Puebla, B: Ubicación geográfica del Municipio de Teotlalco, C: Ubicación geográfica del Cerro “La Cazuela” (CLC), D: Ubicación de los transectos en el CLC, E: Vista aérea en imagen satelital (Google Earth Pro) del CLC y los transectos (T1-T10) en color azul, establecidos en las laderas y la cima.	36
Figura 2.	Riqueza de géneros y especies de las familias botánicas mejor representadas en la selva baja caducifolia (SBC) del Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. Fabaceae es la más destacada por su riqueza genérica (barra color verde y números en negritas) y específica (barra de color azul). Es importante mencionar que 27 familias (52 %) están representadas sólo por un género y una especie en el CLC.	50
Figura 3.	Riqueza específica por género en el Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. De izquierda a derecha, en orden descendente, destaca el género <i>Bursera</i> con mayor número de especies, seguido por <i>Mimosa</i> con cinco especies; posteriormente cinco géneros con cuatro especies; cuatro géneros con tres especies; 18 géneros con dos especies, y resalta que 130 géneros (ca. 81 %) presentaron una especie, lo que representa alta diversidad genérica.	51
Figura 4.	Formas de crecimiento de las especies vegetales de los estratos arbóreo y arbustivo del Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. Los árboles fueron los más relevantes (50.46 %); aunque, muy cerca al porcentaje de los arbustos (44.8 %), las arborescentes, con porte similar a un árbol (7 %) y las rosetófilas (3 %) con forma arrosetada y estípites florales de gran tamaño (>2m).	51
Figura 5.	Curvas de acumulación de especies en los 10 transectos establecidos en el Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. La línea del T7 presenta la pendiente más pronunciada y el T10 la menor pendiente con tendencia a la asíntota. La pendiente más pronunciada indica mayor diversidad y tendencia a incrementar la riqueza en caso de muestrear más individuos; la asíntota indica que se ha completado el esfuerzo de muestreo al incrementar pocas especies ante el muestreo de más individuos.	69
Figura 6.	Dendrograma de similitud entre transectos, utilizando el coeficiente de Jaccard, basado en presencia/ausencia de taxones, enraizado por el transecto más diferente y agrupando a los transectos por su similitud florística. Realizado en MVSP. El T8 presenta mayor disimilitud florística del resto de transectos; a partir de un valor de similitud de 0.5 se forma un grupo de los transectos T1, T2, T3, T9 y T4, que consiste de transectos con exposición Norte, Este y Cima-Norte, con condiciones de menor aridez y pendiente menos	72

pronunciada, mientras que el resto de los transectos no se agrupan y tienen valores de similitud $J' < 0.5$, que corresponden a los transectos T7 y T8 con exposición Oeste, T10 de la Cima-Sur, y T5 y T6 con exposición Sur.

- Figura 7.** Dendrograma de similitud utilizando el índice de Morisita-Horn, basado en composición y abundancia de especies, enraizado por el transecto más diferente y agrupando a los transectos por similitud florística. Realizado en Past 4.0. El agrupamiento corresponde a la similitud florística y la cercanía entre transectos, quedando aún más definido el efecto de ladera, los más similares en composición son los transectos T1 y T2 (Norte), seguidos por T5 y T6 (Sur); además de ser muy similares T3 y T4 (Este) y, finalmente, se agrupan T9 y T10 (Cima), quedando separado el T7 y el T8, al igual que con el coeficiente de Jaccard. Asimismo, el T8 sigue siendo el de menor similitud con los otros transectos, quedando en la raíz del dendrograma. Se confirma, nuevamente, que T7 y T8, de la ladera oeste, son los más diversos y con más especies exclusivas. **73**
- Figura 8.** Gráficas de dispersión que exponen la relación entre las variables independientes abióticas (pendiente y altitud) y las variables dependientes (parámetros de la vegetación), y que presentaron significancia ($p < 0.05$). R^2 : coeficiente de determinación; r_{sp} : coeficiente de correlación de Spearman; P: probabilidad de significancia $\alpha < 0.05$. En todos los casos, la pendiente de la recta fue negativa, lo que representa una relación negativa. **75**
- Figura 9.** Gráficos de los Análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y en la Cima del CLC: **a)** Porcentaje de arena; **b)** Porcentaje de limo; **c)** Porcentaje de arcilla; **d)** Densidad aparente del suelo en g/cm^3 ; **e)** Potencial de hidrógeno (pH) 1:2H₂O, escala 0-14; **f)** Porcentaje de humedad. Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-C) ubicadas sobre las barras, representan las comparaciones y diferencias significativas entre laderas, y las letras minúsculas (a-b) representan las diferencias significativas entre las estaciones seca y lluviosa. **83**
- Figura 10.** Gráficos del análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y la Cima del CLC: **g)** Porcentaje de carbono orgánico; **h)** Porcentaje de carbonatos (CaCO₃); **i)** Porcentaje de carbono total (Ct); **j)** Porcentaje de materia orgánica (MO); **k)** Contenido de fósforo total mg/kg (Pt); **l)** Contenido de fósforo disponible mg/kg (Pdisp.). Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-D) ubicadas sobre las barras representan las comparaciones y diferencias significativas entre laderas, y las letras minúsculas (a-b) representan las diferencias significativas entre las estaciones seca y lluviosa. **84**
- Figura 11.** Análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y la Cima del CLC: **m)** Porcentaje de nitrógeno total (Nt); **n)** **86**

Contenido de amonio mg/kg (NH_4^+); **o**) Contenido de nitratos mg/kg; **p**) Concentración de hierro mg/kg (Fe); **q**) Conductividad eléctrica mS/cm (CE); **r**) Potasio intercambiable cmol/Kg (K-int), acetato de amonio 1N pH7. Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-D), ubicadas sobre las barras, representan las comparaciones y diferencias significativas entre laderas, y las letras minúsculas (a-b) representan las diferencias significativas entre estaciones seca y lluviosa.

- Figura 12.** Análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y la Cima del CLC: **s**) Calcio intercambiable cmol/Kg (Ca-int), acetato de sodio 1N pH8.2; **t**) Magnesio intercambiable cmol/Kg (Mg-int), acetato de sodio 1N pH8.2; **u**) Capacidad de intercambio catiónico cmol/Kg (CIC). Las líneas de color negro, en las barras, representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-D), ubicadas sobre las barras, representan las diferencias encontradas entre laderas; y las letras minúsculas (a-b), representan las diferencias significativas entre las estaciones seca y lluviosa. **87**
- Figura 13.** Análisis de varianza de la pendiente a nivel del suelo, entre laderas, medida por el ángulo de inclinación en grados decimales en escala de 0 a 90°. Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-F), ubicadas sobre las barras, representan las diferencias encontradas entre las laderas. **89**
- Figura 14.** Análisis de varianza entre laderas, de los parámetros estructurales de la vegetación obtenidos por el método de cuadrantes centrados en un punto: **a**) Distancias promedio entre los individuos y el punto de muestreo; **b**) Altura promedio de los arbustos. Las letras A-C, representan las diferencias entre laderas obtenidas por las pruebas *post-hoc*. Las barras negras representan los errores estándar, en color azul las barras de las laderas más sombrías y húmedas (Norte y Este), en color amarillo las laderas más áridas (Este y Oeste) y en anaranjado, la Cima. **90**
- Figura 15.** Análisis de varianza entre laderas, de los parámetros estructurales de la vegetación obtenidos por el censo de individuos en 0.1 ha: **a**) Abundancia promedio de árboles y arbustos; **b**) Riqueza promedio de especies del estrato arbóreo y arbustivo; **c**) Valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener. Las letras A-D, representan las diferencias entre laderas obtenidas por las pruebas *post-hoc*. Las barras negras representan los errores estándar; en color azul, las barras de las laderas más sombrías y húmedas (Norte y Este); en color amarillo las laderas más secas (Este y Oeste); y en anaranjado la Cima. **92**
- Figura 16.** Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables edáficas y la vegetación: muestra con cuadros y en color gris las especies vegetales (objetos), los vectores en **color marrón** representan las 19 variables edáficas cuantitativas, que se utilizaron para dicho análisis, y con rombos las unidades de muestreo (sitios). **93**

En **color azul**, los sitios con exposición Este y Norte; y en **color rojo**, los de exposición Oeste y Sur. El **Eje 1** de ordenación explica un 20.24 % de la varianza y separa, en lado izquierdo y derecho del gráfico, a los sitios: a la izquierda la mayoría de los de exposición Sur y la Cima; y a la derecha los sitios de exposición Oeste; y los sitios de Norte y Este no se separan por el Eje 1. El **Eje 2** explica un 16.37 % de la varianza y divide el gráfico en la parte superior e inferior, con una división más marcada, separando los sitios en color rojo (exposición Sur) y azul (Exposición Norte y Este). Elaborado en XLSTAT 2024.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Especies presentes en el Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. Los símbolos (•) señalan las especies presentes en el muestreo por transectos y los (*) señalan especies endémicas de México. El listado se presenta en orden alfabético y siguiendo la clasificación del APG IV (2016) para las familias. La primera columna corresponde a los nombres científicos. La segunda columna son las claves de los nombres científicos que se utilizaron en el Análisis de Ocurrencia y en el Análisis de Correspondencia Canónica. La tercera columna incluye las abreviaturas de las formas de crecimiento (FC): A = árbol, a = arbusto, Ar = arborescente, y R = rosetófila.	52
Cuadro 2.	Número de especies del Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México, listadas en alguna categoría de riesgo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).	59
Cuadro 3.	Parámetros estructurales determinados en los 10 transectos que muestran los valores del ensamblaje de todas las especies presentes en cada transecto: Ár = árboles, arb = arbustos, S =riqueza específica, n =número total de individuos, DTotal = densidad total, DomTotal = dominancia total por área basal (Ab). En negritas se resaltan los valores más elevados de cada transecto y más destacados en los parámetros estructurales de la vegetación. La letra posterior a cada número de transecto corresponde a la exposición de la ladera: N = Norte, S = Sur, E = Este, O = Oeste, y C = Cima.	61
Cuadro 4.	Índice de Valor de Importancia (IVI) del estrato arbóreo, y parámetros estructurales absolutos y relativos que lo determinan, FA = frecuencia absoluta, FR = frecuencia relativa, DA = densidad absoluta, DR = densidad relativa, dA = dominancia absoluta, dR = dominancia relativa. T = transecto, n = número de individuos. Los números en negritas resaltan el porcentaje de la especie con el	64

valor de importancia (IVI) más alto de cada transecto. La leyenda: Otras especies, se refiere al número de especies, que también se encuentran en el transecto, pero en general con menos de 5 % del IVI cada una (Anexo 1).

Cuadro 5.	Índice de valor de importancia (IVI) del estrato arbustivo, en los 10 transectos establecidos en el Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México, y los parámetros estructurales que lo determinan FA = frecuencia absoluta, FR = frecuencia relativa, DA = densidad absoluta, DR = densidad relativa, dA = dominancia absoluta, dR = dominancia relativa, VI = valor de importancia. T = transecto, n = número de individuos. La leyenda: Otras especies, se refiere al resto de especies presentes en el transecto, pero que juntas conforman menos del 50 % del IVI, y cada una, en general, aporta menos del 5 % de IVI (Anexo 2).	66
Cuadro 6.	Índices de diversidad alfa (α), Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (D). Se muestran los valores de riqueza (S) y abundancia (n) que son los parámetros que los determinan. T = Transecto, Laderas: N = Norte, S = Sur, E = Este, O = Oeste, y C = Cima. Se resaltan en negritas los valores más elevados de cada parámetro de la vegetación en el transecto con los valores más conspicuos.	70
Cuadro 7.	Valores del Coeficiente de Similitud de Jaccard, siendo los pares de sitios con valores de 1=completa similitud y 0=completamente diferentes. En negritas se destacan los valores más altos de similitud entre transectos. Los valores son de $J'=0.6$ o inferiores, lo que sugiere similitud intermedia a baja, y se reconoce como una diversidad beta elevada.	72
Cuadro 8.	Valores del Índice de Morisita-Horn. Los pares de sitios con valores de 1 = completa similitud y 0=completamente diferentes. Este índice considera, además de la similitud en composición de especies por presencia/ausencia, la abundancia de las especies, y expone la similitud entre transectos debida a los taxones más abundantes que comparten. En negritas se destacan los pares de transectos con mayor similitud considerada media-alta, mientras que la mayoría presenta similitud intermedia y sólo en el caso del T8 vs T10, se presentó similitud baja y se marca en cursivas.	73
Cuadro 9.	Prueba de Shapiro-Wilk (S-W) para comprobar la normalidad de las variables. En negritas, las únicas variables que cumplieron con el supuesto; en cursivas y subrayadas, las probabilidades (p) de las variables independientes. Ambas no cumplen el supuesto de normalidad, lo que compromete a utilizar análisis estadísticos no paramétricos, al emplear dichas variables. Arbo : arbórea; arbu : arbustiva; Alt : altura; AB : área basal; Cob : cobertura; Dist :	76

distancias; **Abund**: abundancia; **Dom_S**: dominancia de Simpson; **H'**: Shannon-Wiener.

- Cuadro 10.** Análisis de correlación de Spearman. Se realizó debido a que las variables independientes de altitud y pendiente no cumplieron el supuesto de normalidad. Hacia el lado derecho, en negritas, se resaltan los valores que representan una p significativa ($p \leq 0.05$); y, en contraparte, en el lado izquierdo, su correspondiente valor del coeficiente de correlación r , resaltando en negritas los que sí presentan correlación considerando correlación muy baja $r < 0.2$; a $0.2 < r < 0.4$ una correlación baja y $0.4 < r < 0.6$ como correlación moderada. **Arbo**: arbórea; **arbu**: arbustiva; **Alt**: altura; **AB**: área basal; **Cob**: cobertura; **Dist**: distancias; **Abund**: abundancia; **Dom_S**: dominancia de Simpson; **H'**: Shannon-Wiener. **76**
- Cuadro 11.** Análisis de regresión múltiple. Para conocer la linealidad entre las variables independientes de la pendiente y altitud, y las variables dependientes de los parámetros de la vegetación: **Arbo**: arbórea; **arbu**: arbustiva; **Alt**: altura; **AB**: área basal; **Cob**: cobertura; **Dist**: distancias; **Abund**: abundancia; **Dom_S**: dominancia de Simpson; **H'**: Shannon-Wiener. **77**
- Cuadro 12.** Análisis de ocurrencia de las especies vegetales registradas en los puntos de muestreo, en sentido altitudinal de 0 a 100 m, a partir de la base y hasta la Cima del Cerro La Cazuela, Tlaucingo, Puebla, México; se indican las secciones: baja o base, parte media y alta o Cima. En negritas se resaltan las especies que sólo se encontraron en la parte baja; en cursivas se señalan las especies que sólo se encontraron en la parte media, y subrayado se resaltan las especies que sólo se encontraron en la cima. **79**

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los ecosistemas terrestres se centra, a menudo, en la cobertura vegetal, bajo la idea de que el hábitat, los recursos y las redes de interacción, dependen principalmente de la vegetación; por lo que esta última es considerada la línea base en planes y/o proyectos de conservación y restauración (Gómez-Ruiz y Dorantes-Euan, 2024). Se denomina vegetación o comunidad vegetal al conjunto de individuos vegetales que habitan en un lugar determinado, su estudio requiere arduo esfuerzo, por lo que, de manera frecuente, se suele recurrir a la fisonomía, composición, estructura y diversidad, como principales parámetros para su evaluación y conservación (Meave y Pérez-García, 2013).

De acuerdo con González-Medrano (2004), los estudios de la vegetación se han enfocado, principalmente, en conocer la composición florística y estructura de las comunidades, así como sus relaciones con el ambiente; además de describir su dinámica y su definición con criterios ecológicos y económicos. Ibarra-Manríquez et al. (2022) reconocen que, en la última década, los estudios de vegetación principalmente están enfocados sólo en la descripción y caracterización, lo que resalta la necesidad de examinar los factores ambientales que determinan la inmensa variación en los parámetros de la vegetación, pues son pocos los estudios que incluyen dichos análisis.

La vegetación de un área es el resultado de la combinación de múltiples factores; entre ellos, el clima, suelo, altitud y pendiente (Schulze et al., 2005). En la mayoría de los casos la vegetación tiene estrecha relación con los tipos climáticos, expresándose en grandes unidades de vegetación en amplias regiones de territorio, lo

que se considera vegetación zonal (González-Medrano, 2004); no obstante, en otros casos las comunidades vegetales no muestran dependencia exclusiva del factor climático, pero, sí expresan correspondencia con factores locales como el sustrato geológico, la topografía o el tipo de suelo, generando parches de variación en la vegetación en áreas pequeñas, siendo vegetación azonal (González-Medrano, 2004; Sieben, 2019).

Los patrones en el ensamblaje de las plantas y la variación del microhábitat muestran mayor complejidad en ambientes tropicales (Jiménez et al., 2017). En este sentido, Williams et al. (2017) mencionan que, los bosques tropicales húmedos muestran variación ambiental menos severa que los bosques tropicales estacionalmente secos; por lo tanto, en estos últimos, son dichos factores ambientales los principales determinantes de la composición y la estructura compleja de sus comunidades a escala local.

De acuerdo con Hanzen (1988) y Oyedeji (2024), los bosques estacionalmente secos son el tipo de vegetación tropical con mayor presencia y más amenazados mundialmente. Miles et al. (2006) determinaron que ocupan ca. 1,048,700 km² en zonas tropicales de América, Eurasia y África. Por su parte, Stan y Sánchez-Azofeifa (2019) mencionan que, desafortunadamente, sólo el 2% se consideran inalterados y que, únicamente el 8% están considerados bajo algún tipo de protección legal. Es importante resaltar que el 66.7% se localiza en América, siendo los de Bolivia y México los que presentan mayor diversidad en especies y tipos de asociaciones de las comunidades vegetales (Hasnat y Hossain, 2020). En México, están presentes de

manera discontinua por la vertiente del Golfo: en la región Huasteca, la Sierra de Naolinco, la cuenca alta del Papaloapan y gran parte de la Península de Yucatán; asimismo, en la vertiente del Pacífico, de manera sobresaliente en declives y cerros desde el Sur de Sonora hasta la depresión central de Chiapas, adentrándose en cuencas como las de los ríos Tehuantepec, Santiago y Balsas (Miranda y Hernández-Xolocotzin, 1953; Trejo, 2015).

En México, al bosque tropical estacionalmente seco se le han aplicado diversos nombres como, por ejemplo, selva baja caducifolia (SBC) por Miranda y Hernández-X (1963), bosque tropical caducifolio según Rzedowski (1978) o selva seca como lo denominan Dirzo y Ceballos (2010); siendo el primer nombre el que se utilizará en este estudio al que se mencionará como SBC. Entre sus principales características, se encuentra en regiones con una temperatura media anual superior a 20°C, una precipitación media anual que oscila de 500 a 1,200 mm y con estacionalidad marcada por un período de sequía de 3 a 8 meses, en el que sus elementos vegetales pierden las hojas. Además, es una comunidad fisonómicamente dominada por árboles con una altura menor de 15 m, con arbustos en un estrato muy denso que, en ocasiones, dificulta el paso, enriquecida con lianas en lugares más húmedos o cactáceas en sitios con menor humedad y un estrato herbáceo temporal, que desaparece anualmente en la estación seca (Trejo, 2005).

Las familias de árboles y arbustos, como elementos fisonómicamente más importantes en las SBC mexicanas, por su aporte a la composición florística, son: Fabaceae, Euphorbiaceae, Cactaceae, Asteraceae, Burseraceae, Malpighiaceae y

Rubiaceae. Mientras que, por su aporte en la estructura de las comunidades, destacan: Malvaceae, Anacardiaceae, Capparaceae y Polygonaceae (Lott y Atkinson, 2010; Sousa, 2010). Es conocido que, en las SBC, las comunidades vegetales suelen presentar diversos tipos de arreglos en la conformación de especies y la estructura espacial, por ejemplo, Pennington et al. (2018), mencionan que dicha heterogeneidad es controlada por múltiples factores como la complejidad topográfica, la variación microclimática y las propiedades del suelo, creando gran variedad de asociaciones de las comunidades vegetales, muchas de ellas aún sin ser descritas.

Las SBC se encuentran bajo múltiples amenazas, tanto de origen antropogénico, como la conversión a tierras para agricultura, ganadería, tala intensiva y expansión poblacional (Siyum, 2020), como de origen natural por cambio climático, huracanes, sequías prolongadas e incendios, entre otras, que disminuyen su biodiversidad y modifican su estructura y dinámica (Reyes-Palomeque et al., 2021). En México, la SBC se está perdiendo a una tasa hasta de 0.4 % anual (Gao et al., 2023), lo cual es una situación alarmante, especialmente porque aún existen SBC en las que se desconoce su composición y a nivel ecológico, poco se han estudiado las variables ambientales que propician su compleja diversidad y estructura comunitaria. Éste es el caso del Cerro La Cazuela en Tlaucingo, Municipio de Teotlalco en el sur de Puebla, un sitio inexplorado y el área de estudio de esta tesis.

2. ANTECEDENTES

2.1. Estudios de composición florística, diversidad y estructura de la vegetación en las SBC de Puebla

En el estado de Puebla, las SBC ocupan el 15.68% de su territorio, localizándose, principalmente al sur del estado, con presencia en la zona semiárida y subhúmeda de la Región Mixteca, en colindancia con los estados de Morelos, Oaxaca y Guerrero (Guevara-Romero, 2011). Hasta ahora, son escasos los estudios de vegetación relacionados con las SBC poblanas; un estudio pionero fue el realizado por Miranda (1941), donde describe la Asociación ecológica del “Cuajiotal”, de los cerros de la Meseta de Anáhuac, obra en la cual incluye seis descripciones de las asociaciones vegetales de especies del género *Bursera* Jacq. ex L. y algunas variantes con otros taxones y reconoce varias para el estado de Puebla, por ejemplo: 1) Asociación *Bursera bipinnata*-*B. jorullensis*-*Ipomoea arborescens*, en el Cerro San Miguel, de Atlixco a 1,880 msnm; 2) Asociación *B. longipes*-*B. morelensis*-*I. intrapilosa*, en los cerros de Izúcar de Matamoros a 1,318 msnm; con una variación en que destaca el cardón candelabro *Pachycereus weberi* (J.M.Coult.) Backeb. (Cactaceae) en los cerros de Tlancualpicán a 1,100 msnm. Asimismo, tres asociaciones producto de la degradación de las antes mencionadas, debido al pastoreo y tala intensivos: a) Matorral de leguminosas (Huizachal) con notable presencia de *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn., *Senna wislizeni* var. *pringlei* (Rose) H.S.Irwin & Barneby y *Vachellia bilimekii* (J.F.Macbr.) Seigler & Ebinger, como arbustos dominantes; b) Cazahuateras, que es una asociación de especies arborescentes del género *Ipomoea* L.

(Convolvulaceae); y c) Nopaleras, asociaciones de *Opuntia* Mill. (Cactaceae), como las que llega a formar *O. atropes* Rose.

Posteriormente, en 1942, el mismo autor profundiza en el estudio de la vegetación de la región de Izúcar de Matamoros, en el cual, basándose en la estructura vertical, composición florística, topografía y suelo, realizó la clasificación y descripción de la vegetación en el valle y cerros de dicha región, resaltando que la vegetación en las laderas de los cerros tiende a cambiar en composición de las especies, debido a las condiciones particulares de microclima y sustrato que cada sitio ofrece; por ejemplo, en las laderas muy secas es común la presencia de los géneros *Fouquieria* Kunth. y *Pseudosmodium* Engl., además, de la presencia de elementos suculentos de los géneros *Hechtia* Klotzsch, *Opuntia* Mill. y *Agave* L., especialmente en laderas de los cerros orientadas al Sur y Oeste; menciona también, que las barrancas confieren condiciones de humedad y sombra para otros taxones umbrófilos como *Ayenia* L. y *Pouzolzia* Gaudich. Además, en 1943, el mismo autor describe la vegetación de Acatlán de Osorio, donde reconoce al “Cuajiotal”, como asociación típica de las SBC de la Cuenca Alta del Balsas, donde dominan: *Bursera longipes* (Rose) Standl., *B. morelensis* Ramírez y *B. odorata* Brandegees, también conocidas como cuajiotos, que dan la fisonomía a dichas formaciones vegetales; además, de una alta representatividad en la región, de las leguminosas: *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F.Macbr. y *Conzattia multiflora* (B.L. Rob.) Standl., y de *Cyrtocarpa procera* Kunth (Anacardiaceae) y la cactácea arborescente: *Pilosocereus chrysacanthus* (F.A.C.Weber ex K.Schum.) Byles & G.D.Rowley.

Los estudios antes mencionados comprenden, sobre todo, la descripción y clasificación de la vegetación con un enfoque, principalmente florístico, pero con observaciones sobre el agrupamiento de las formaciones vegetales como respuesta al ambiente en que se encuentran, resaltando el papel de los cerros como lugares con amplia variación en sus formaciones vegetales, producto de sus condiciones microclimáticas, debido a la exposición de sus laderas, características geológicas, edáficas y topografía compleja.

Guízar-Nolazco (1995), profundizando en el enfoque ecológico de la dinámica de comunidades, realizó un estudio sobre la vegetación del municipio de Jolalpan, donde analizó la estructura y composición de los estadios sucesionales de la cubata o *Vachellia campechiana* (Mill.) Seigler & Ebinger (Fabaceae) en SBC secundarias y registró a *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) y a las Leguminosas: *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw., *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn., *Conzattia multiflora* (B.L.Rob.) Standl. y *Mimosa bentharii* J.F.Macbr., como los elementos que sustituyen a las cubatas en las etapas sucesionales tardías de las SBC secundarias.

Diez años después, Trejo (2005) realizó un análisis de la diversidad de las SBC en México, incluyendo la localidad de Calipam, Mpio. de Coxcatlán, Puebla, en la que menciona, de manera general, 29 especies, 26 géneros y 15 familias, con un índice de diversidad de $H'=2.96$, sin profundizar en la composición de las familias y géneros reportados; además, considera a dicha localidad como la de menor diversidad florística en todo el país, debido a su cercanía con el matorral xerófilo del Valle de Tehuacán.

Posteriormente, Guízar-Nolazco et al. (2010), llevaron a cabo un estudio sobre flora y vegetación, en el cual incluyeron a las SBC de varios municipios de la porción sur de la Mixteca Poblana y otros tipos de vegetación presentes en regiones colindantes con el estado de Oaxaca, en una descripción ecológica de las comunidades vegetales, con principal enfoque en sus elementos florísticos y una breve descripción edafológica, señalando la importancia del suelo como factor determinante de las comunidades vegetales, donde destaca la descripción de 13 asociaciones vegetales, de las cuales, siete corresponden a las SBC, siendo estas últimas, el tipo de vegetación más representativo; además, presentaron una lista florística conformada por 360 especies, 225 géneros y 77 familias, y como las familias más destacadas por su riqueza específica: Fabaceae (76 especies), Asteraceae (27) y Poaceae (21).

Como un esfuerzo por complementar el conocimiento de la flora de Acatlán de Osorio, Rojas-Martínez y Flores-Olvera (2019), realizaron el estudio florístico de la Sierra El Pelado, determinando que dicha zona alberga 339 especies, 225 géneros y 67 familias, entre las más relevantes por número de géneros y especies están: Fabaceae (30/49), Asteraceae (25/32), Malvaceae (15/20), Cactaceae (11/17) y Euphorbiaceae (10/16). analizaron también, el endemismo, la situación de riesgo y las formas de crecimiento, lo que representa uno de los estudios florísticos más detallados para las SBC de Puebla.

En 2021, García-Fragoso y colaboradores, analizaron la diversidad arbórea y arbustiva en zonas con SBC, en la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, en los municipios de Huehuetlán el Grande y Huaquechula, comparando sitios sometidos a pastoreo

caprino y libres de pastoreo; su análisis reportó 131 especies, en 93 géneros y 36 familias, con Fabaceae como la familia más importante (23.48%); además, de los valores de diversidad $H'=3.72$ en zonas de pastoreo y $H'=3.88$ sin pastoreo.

El estudio más reciente enfocado en vegetación primaria de la SBC es el de Martínez-Bernal et al. (2021), acerca de la composición, estructura y diversidad de una SBC del cerro El Picante, San José Tilapa, Municipio de Coxcatlán, Puebla. El método de muestreo que utilizaron fue el de cuadrantes centrados en un punto, en el que reportaron 53 especies, 47 géneros y 28 familias de plantas arbóreas y arbustivas, de las cuales, las más importantes son: Fabaceae (18.9%), Cactaceae (7.5%), Asteraceae y Burseraceae (5.6%); con abundancias entre 12 y 22 individuos y diversidad alfa de $H'=2.07$, y beta de $J'=0.74$. Además, este estudio incorporó varios parámetros de la vegetación y sirvió como punto de análisis para el presente trabajo, en el que se integró la descripción ecológica de la vegetación en términos de composición, estructura, diversidad y su relación con algunas variables abióticas.

2.2. Estudios botánicos en el municipio de Teotlalco

Hasta el momento, en el municipio de Teotlalco se cuenta sólo con dos registros de estudios botánicos que involucran a la SBC. Maldonado-Almanza et al. (2017) estudiaron las plantas útiles de la Mixteca Baja Poblana, reportando 20 especies silvestres presentes en la SBC de los alrededores de la población de Teotlalco, y señalan hasta 5 categorías de uso (medicinal, importancia económica, comestible, combustible y construcción), reconociendo que la extracción selectiva de recursos sobre las especies aprovechadas ejerce presiones sobre su abundancia, por lo que

sugieren la necesidad de realizar estudios ecológicos en dicha vegetación, que generen conocimientos para aplicar estrategias de manejo y conservación de estos recursos para generaciones futuras. El segundo estudio lo presenta Guízar-Nolazco (2011), que describe la asociación *Bursera bipinnata*- *Pseudosmodium perniciosum* en la localidad de “Mata del Carrizo”, San Miguel, al NO del municipio de Teotlalco, donde reportan la presencia de 29 especies de árboles y 6 de arbustos, destacando por su valor de importancia (IVI) *B. bipinnata* (Moc. & Sessé ex DC.) Engl., *P. perniciosum* (Kunth) Engl., *Euphorbia schlechtendalii* Boiss, *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth., *Vitex pyramidata* B.L.Rob. y *B. copallifera* (Moc. & Sessé ex DC.) Bullock. Con base en lo anterior, es evidente que no hay estudios sobre la vegetación en la localidad de Tlaucingo ni en el Cerro “La Cazuela”; hasta ahora, no se han encontrado registros de colectas botánicas de este cerro, en las colecciones de los herbarios mexicanos.

3. JUSTIFICACIÓN

La pérdida de la cobertura original de las SBC lleva consigo la disminución de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos que brindan, estos ecosistemas son refugio y hábitat de otros seres vivos, almacenan carbono, evitan la erosión del suelo y favorecen la captación de agua (Balvanera y Maass, 2010). Además, son fuente de recursos para la población humana como material de construcción, combustible, alimento o medicina (Soto-Núñez, 2010). Se ha documentado que ca. 1/3 de la población humana vive en regiones tropicales estacionalmente secas, que dependen

de los servicios de las SBC y, además, son de los pobladores con mayor pobreza económica a nivel mundial (Pennington et al., 2018); sin embargo, son ecosistemas reciben menos atención que los bosques húmedos (Siyum, 2020). En México, existen estudios enfocados al conocimiento de la riqueza y ecología de las SBC, Trejo (2010) menciona que las SBC poseen características únicas que las hacen estructural y florísticamente distinguibles, por lo que cada sitio es único y, por lo mismo, cada uno requiere ser estudiado para contribuir a su conocimiento y conservación.

En los límites entre los estados de Morelos y Puebla, se encuentra el municipio de Teotlalco, con 10,962.080 ha de superficie forestal, de las cuales 1,640.25 corresponden al bosque de encino y 9,321.355 a la SBC, por lo que destaca como un municipio con alto potencial para estudiar a las SBC (CONAFOR, 2007).

En la localidad de Tlaucingo, se localiza una SBC de la que se desconocen los parámetros básicos inherentes al estudio de las comunidades vegetales: fisonomía, estructura, fenología y composición florística. Esta SBC se encuentra en el Cerro La Cazuela (CLC), el cual está en contacto directo con la población; sin embargo, es de difícil acceso para realizar actividades que impacten la cobertura vegetal como son la extracción selectiva de recursos forestales, cambio de uso de suelo para agricultura de temporal, ganadería extensiva, construcción de vivienda y extracción mineral a cielo abierto de caliza, hierro, bentonita y óxido de hierro, que se realiza en zonas circundantes (Ramos-Organillo, 2020). Dado que el CLC cuenta con una abundante cobertura forestal, la cual está amenazada por las diversas actividades que se presentan en la región, se consideró relevante conocer su composición florística,

diversidad y estructura de los estratos arbóreo y arbustivo, así como caracterizar y determinar estos parámetros respecto a la heterogeneidad ambiental.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las especies que conforman el estrato arbóreo y arbustivo de la SBC del CLC?
2. ¿Cómo es la estructura, horizontal y vertical, de árboles y arbustos del CLC?
3. ¿Qué relación tienen la composición florística y la estructura de la SBC del CLC con la exposición de ladera, la pendiente, la altitud y las propiedades del suelo?

5. HIPÓTESIS

- 1) Las unidades de muestreo expondrán agrupamiento por correspondencia de su similitud florística y propiedades del suelo.
- 2) La composición florística, estructura, diversidad y propiedades del suelo, serán heterogéneas por su ubicación en el CLC, debido al efecto de la exposición de ladera.
- 3) La abundancia, riqueza y diversidad vegetal mostrarán una correlación negativa respecto a la pendiente y altitud en el CLC.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición florística y la estructura de árboles y arbustos de la SBC del CLC, así como su relación con algunas variables ambientales.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las especies presentes en el estrato arbóreo y arbustivo de la SBC del CLC.
- Describir la estructura, y la diversidad arbórea y arbustiva de la SBC del área de estudio.
- Analizar la relación entre las características de la vegetación y las variables ambientales de exposición de ladera, altitud, pendiente, y las propiedades (físicas y químicas) del suelo.

7. MÉTODOS

7.1. Área de estudio

El Cerro La Cazuela (CLC) se ubica en la localidad de Tlaucingo, al sur del municipio de Teotlalco, en los límites con el municipio de Jolalpan, en la región Mixteca del estado de Puebla. El CLC se localiza entre 18°23'02" y 18°22'36" latitud Norte y

entre 98°49'18" y 98°49'06" longitud Oeste (Fig. 1), con un rango altitudinal que varía entre 850 y 1,100 msnm (INAFED, 2021).

El CLC se encuentra en una zona de confluencia entre la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y la parte más meridional del Eje Neovolcánico Transversal; además de ubicarse en una región donde confluyen las subprovincias Lagos y Volcanes de Anáhuac, Sierras y Valles Guerrerenses y, principalmente, la Sierra del Sur de Puebla (CONABIO, 2011), perteneciente a la formación geológica del Grupo Balsas del Paleógeno (Padilla-Hernández, 2014; Ramos-Organillo, 2020). Además, por su jerarquización florística, pertenece al Reino Neotropical, Región Caribeña y a la Provincia Florística de la Depresión del Río Balsas (Rzedowski, 1978). Hidrológicamente, el área de estudio se ubica en la región del Balsas, Cuenca del Río Atoyac y Subcuenca del Río Nexapa (CONABIO, 2011). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2000) y una temperatura media anual de 28°C (INAFED, 2024).

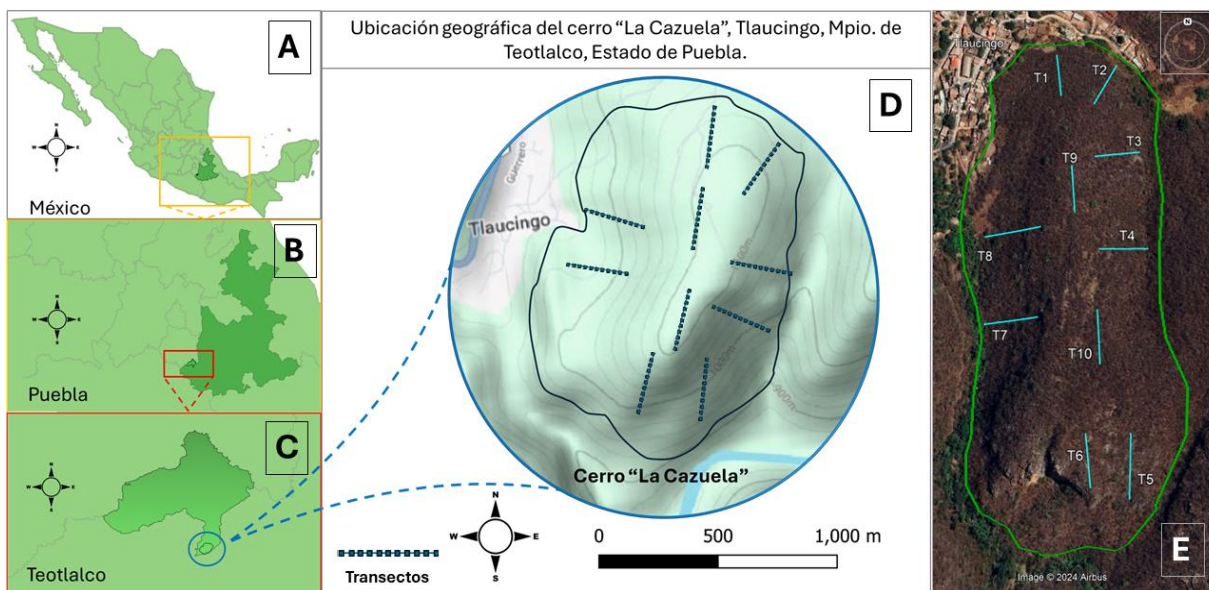


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, elaborada en QGIS 3.16.10. **A:** Ubicación geográfica del estado de Puebla, **B:** Ubicación geográfica del Municipio de Teotlalco, **C:** Ubicación geográfica del Cerro “La Cazuela” (CLC), **D:** Ubicación de los transectos en el CLC, **E:** Vista aérea en imagen satelital (Google Earth Pro) del CLC y los transectos (T1-T10) en color azul, establecidos en las laderas y la cima.

7.2. Muestreo de la vegetación

Se establecieron 10 transectos lineales (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 y T10), de 100 m de largo, separados por al menos 30 m; en las laderas Norte (N), Este (E), Oeste (O) y Sur (S) dos por cada ladera (N: T1 y T2; E: T3 y T4; S: T5 y T6 y O: T7 y T8), ocho orientados de base a la Cima del cerro para obtener el gradiente altitudinal y de la pendiente, y dos transectos ubicados en la Cima (C: T9 y T10). Para el muestreo, se aplicó el método de Cuadrantes Centrados en un Punto (CCP), por lo que cada transecto se dividió cada 10 m (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100), representando cada división a un punto centro (PC), resultando en 11 puntos centros por transecto (Cottam y Curtis, 1956; Matteucci y Colma, 1982; Mueller-Dombois et al., 2005; Gaillard-de Benítez y Pece, 2011; Ferro-Díaz, 2015; Mitchell, 2023).

En cada punto centro, se establecieron cuatro cuadrantes ortogonales, considerando al transecto como el eje Y, así como una línea perpendicular imaginaria considerada el eje X, de tal manera que los cuadrantes fueron numerados del I al IV, de acuerdo con el sentido de las manecillas del reloj.

El registro de datos consistió en lo siguiente: número de cuadrante, coordenadas, altitud, pendiente, y datos del árbol y el arbusto más cercano al punto centro (PC) como son la forma de crecimiento, diámetro a la altura del pecho (DAP = 1.30 m) para árboles, diámetro basal (DB = 0 cm) para arbustos, altura, y cobertura (diámetros mayor y menor de la copa); así como la colecta de material botánico de referencia de acuerdo con Lot y Chiang (1986). Adicionalmente, se realizó el conteo de todos los individuos mayores de 30 cm de altura y 1 cm de diámetro, agregando a cada cuadrante 1.5 m de amplitud, resultando 9 m², en cada punto centro, ca. 0.01 ha en cada transecto, y un total de 990 m² o ca. 0.1 ha, para los análisis de diversidad alfa (α) y beta (β) (Gentry, 1982).

7.3. Identificación del material botánico

El material botánico fue procesado e identificado en el Laboratorio de Biosistemática de Leguminosas, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, utilizando claves taxonómicas de diferentes floras nacionales (p. ej. Flora de Guerrero, Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, y Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán). De manera adicional, se consultaron ejemplares de herbario en línea y/o directamente en el Herbario Metropolitano (UAMIZ) para corroborar la identificación y, en caso necesario, se consultaron especialistas. Los ejemplares botánicos colectados, una vez

prensados, secados, identificados y etiquetados, se montaron y se depositaron en el Herbario UAMIZ; los duplicados se enviaron a otras colecciones botánicas como el Herbario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (HUAP), Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO), y el Herbario Nacional de México, UNAM (MEXU), entre otros. Los nombres científicos fueron cotejados y actualizados de acuerdo con Plants of the World Online (POWO, 2025).

7.4. Análisis estructural

7.4.1 Estructura vertical

El estrato arbustivo se clasificó como: bajo ≤ 1 m, medio $>1-2$ m y alto >2 m siguiendo la propuesta de Miranda y Hernández-Xolocotzin (1963). De acuerdo con los mismos autores, el estrato arbóreo de la SBC corresponde con un estrato bajo <15 m. Para identificar la representatividad de las especies y la densidad de individuos por estratos se realizó una clasificación adicional del estrato arbóreo: alto >6 m, medio $4-6$ m y bajo <4 m, siguiendo la propuesta de Martínez-Bernal et al. (2021).

Independientemente de los estratos clasificados, se evaluó la altura promedio, así como la altura máxima y mínima de árboles y arbustos y se realizaron análisis de varianza de las alturas entre transectos y entre laderas para conocer si existen diferencias significativas y se correlacionaron las alturas con la pendiente y elevación para conocer la relación entre dichas variables.

7.4.2. Estructura horizontal

Se determinó el área basal total, que es igual a la suma de la dominancia absoluta de los individuos en cada transecto; así como la cobertura promedio en cada transecto, incluyendo los diámetros mayor y menor de la copa y utilizando la fórmula de la elipse (Mitchell, 2023) para cada individuo:

$$Cobertura = \pi \times \frac{d_{mayor}}{2} \times \frac{d_{menor}}{2}$$

7.4.2.1 Índice de Valor de Importancia (IVI)

El IVI se determinó a partir de la densidad, la dominancia y la frecuencia, utilizando sus valores relativos (Curtis y McIntosh, 1951; Matteucci y Colma, 1982; Mostacedo y Fredericksen, 2000; Ramírez-González, 2006). En esta investigación, se determinó el IVI en cada transecto mediante la siguiente fórmula:

$$IVI = \frac{Densidad\ relativa + Dominancia\ relativa + Frecuencia\ relativa}{3}$$

Cabe señalar que cada variable del IVI se obtuvo de acuerdo con las adecuaciones del método de cuadrantes centrados en un punto:

7.4.2.2. Densidad (D)

La densidad indica el número de individuos de una especie en el área muestreada (Sánchez-Hernández et al., 2018).

Las fórmulas para calcular esta variable son las de Mitchell (2023):

Distancia promedio:

$$D = \sum di \dots n/N$$

Donde: D = distancia promedio, di = distancia de cada individuo al punto centro, N = número total de individuos.

La densidad total (**DT**) se determinó de la siguiente manera:

$$DT = 10\,000 \, m^2 / D^2$$

Donde: DT = densidad total por hectárea, D^2 = El promedio de todas las distancias entre los individuos y los puntos centro ubicados en los transectos, elevado al cuadrado. Se obtuvo el número de individuos por hectárea (10,000 m²).

La densidad absoluta (DA) por especie, se determinó con la siguiente fórmula:

$$DA = \frac{\sum ni}{N} * DT_{Total}$$

Donde ni = abundancia de la i especie en la muestra (transecto), N = abundancia total por transecto.

Y la densidad relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$DR = \frac{DA}{DT_{Total}} \times 100$$

Donde DA = densidad absoluta de una especie, DT_{Total} = densidad total en ese

transecto.

7.4.2.3. Dominancia (d)

Esta variable se mide en función del área que ocupan las especies sobre un área determinada (Matteucci y Colma, 1982), utilizando comúnmente el volumen y la cobertura de las copas o el área basal. En este trabajo, se determinó utilizando el área basal que es el área del piso ocupada por una planta (Meave y Pérez-García, 2013), con los diámetros normales de los troncos de los árboles y bases de los arbustos, los cuales fueron determinados midiendo las circunferencias con cinta métrica y, posteriormente, transformados a diámetros (Gaillard-de Benítez y Pece, 2011). En este caso, a cada hábito biológico corresponde una fórmula, de acuerdo con Mitchell (2023):

Área basal de árboles:

$$\mathbf{Ab}_{\text{árbol}} = \frac{\pi}{4} \times DAP^2$$

Donde: DAP = Diámetro a la altura del pecho (a 1.30 m), π = 3.1416

Área basal para arbustos:

$$\mathbf{Ab}_{\text{arbusto}} = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

Donde: d = diámetro de la base del arbusto

La dominancia total representa el área basal total de todas las especies por hectárea, para cada transecto y se determinó de acuerdo con Gaillard-de Benítez y Pece (2011),

con la siguiente fórmula:

$$domTotal = \frac{\sum Abij}{N} \times DTotal$$

Donde $\sum Abij$ se refiere a la sumatoria de todas las áreas basales de las especies en un transecto, N = número de individuos en ese transecto, $domTotal$ = dominancia total determinada para ese transecto.

La dominancia absoluta por especie se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$dA = (DAi)(\overline{Abi})$$

Donde: DAi = densidad absoluta de la especie i , $\overline{Abi}$ = área basal promedio de la especie i .

La dominancia relativa (dR) se obtuvo de la siguiente manera:

$$dR = \frac{(dAi)}{DomTotal} \times 100$$

Donde: dAi es la dominancia absoluta de la especie i y $DomTotal$ es la dominancia total de todas las especies.

7.4.2.4. Frecuencia

La frecuencia refleja la proporción de muestras en que aparece un taxón con relación a todas las muestras realizadas (Matteucci y Colma, 1982). La frecuencia absoluta se obtuvo de la siguiente manera:

$$FA = \frac{\text{número de puntos en que aparece una especie}}{\text{número total de puntos del transecto}} \times 100$$

La frecuencia relativa se obtuvo al dividir la frecuencia absoluta de cada especie entre la frecuencia absoluta de todas las especies por forma de crecimiento del transecto:

$$FR = \frac{FA}{\sum FA} \times 100$$

Donde: FA = frecuencia absoluta, $\sum FA$ = Suma de la frecuencia absoluta de todas las especies (Mitchell, 2023).

7.5. Análisis de diversidad

La riqueza específica (S) de un área está constituida por el número de especies que la conforman y puede variar dependiendo de su tamaño. En este trabajo, se realizaron curvas de acumulación de especies; además del estimador no paramétrico Chao 1, para determinar la suficiencia del esfuerzo de muestreo a través de la riqueza esperada.

En cambio, la diversidad considera, además del número de especies, la abundancia de los individuos de cada especie (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Los análisis de diversidad fueron realizados en los programas MVSP 3.2 (Kovach, 1999) y Past 4.0. y fueron los siguientes:

7.5.1. Diversidad alfa (α)

Es la diversidad de especies dentro de una comunidad (Baselga y Gómez-Rodríguez, 2019); en este estudio, para su cálculo, se utilizaron los siguientes índices:

Índice de Shannon-Wiener (H'): muestra el grado de indeterminación por el hecho de predecir a qué especie pertenece un individuo extraído al azar de una muestra.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Donde: s = número de especies, p_i = proporción de individuos de la especie i y $\ln$ = logaritmo natural.

Su valor es cercano a cero cuando hay una sola especie y será más cercano al logaritmo natural de S ; si las especies están representadas equitativamente en su número de individuos, a mayor valor de H' , la diversidad específica incrementa (Rodríguez-Martínez, 2013; Sánchez-Hernández et al., 2018).

Índice de Simpson (D): mide la posibilidad de que al extraer dos individuos al azar de una comunidad sean de la misma especie.

$$D = \sum \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right]$$

Donde: n_i = número de individuos en la i -ésima especie, N = número total de individuos.

Un valor inferior de D indica menor dominancia de las especies (Jiménez et al., 2017; Sánchez-Hernández et al., 2018).

7.5.2. Diversidad beta (β)

Mide las diferencias entre la composición específica de dos puntos; puede aplicarse en espacio, al comparar dos sitios similares (recambio); o en tiempo, al comparar el

mismo sitio en diferente fecha (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Halffter y Moreno, 2005). Se puede conocer a través del índice de similitud, por ejemplo:

Con la información correspondiente a la presencia/ausencia de las especies como principal atributo:

Coefficiente de Similitud de Jaccard (IJ)

$$IJ = \frac{C}{a + b - c} \times 100$$

Donde: a = número de especies presentes exclusivamente en el sitio A, b = número de especies presentes exclusivamente en el sitio B, c = suma del número de especies presentes en los sitios A y B simultáneamente.

El valor resultante muestra un porcentaje de las especies compartidas (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Jiménez et al., 2017).

Considerando, además de la presencia/ausencia, a la abundancia de individuos:

Índice de Morisita-Horn: mide la probabilidad de que, al seleccionar dos individuos de diferentes sitios, sean de la misma especie, está fuertemente influenciado por el tamaño de la muestra y la riqueza, pero extremadamente sensible a la abundancia de los individuos (Magurran, 2004).

En este estudio se utilizó la fórmula del índice de Morisita-Horn de Moreno (2001) de la siguiente manera:

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a n_i \times b n_j)}{(da + db) a N \times n N}$$

Donde:

$a n_i$ = número de individuos de la i-ésima especie en el sitio A; $b n_j$ = número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B; $a N$ = número total de individuos del sitio A; $n N$ = número total de individuos del sitio B; $da = \sum a n_i^2 / a N^2$; $db = \sum b n_j^2 / b N^2$.

7.6. Muestreo y análisis del suelo

7.6.1. Muestreo del suelo

Se realizaron colectas de muestras de suelo en cada punto centro (PC) establecido a través de los 10 transectos, sumando la cantidad de 110 muestras de suelo en la estación seca (11 por transecto) y otras 110 muestras de suelo en la estación lluviosa, en total 220 muestras, de 500 g cada una.

7.6.2. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo

Las 220 muestras simples fueron tamizadas a través de una malla de 2 mm para eliminar rocas, raíces, hojas y otras partículas de mayor tamaño. Posteriormente, se elaboraron muestras compuestas, conformando tres muestras compuestas por transecto, una muestra para la parte basal, otra para la parte media y otra para la

porción final de cada uno de los 10 transectos, resultando en 30 muestras compuestas, por estación, haciendo finalmente 60 muestras en total, por las estaciones de secas y lluvias. Las muestras compuestas fueron procesadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Recursos Naturales (NOM-021-RECNAT, 2000) y analizadas en el Laboratorio de Suelos, del Instituto de Ecología (INECOL-Xalapa).

Para determinar las propiedades físicas del suelo se utilizaron diferentes métodos: para la clase textural se utilizó el método de hidrómetro de Bouyoucos, determinando el porcentaje de arena, limo y arcilla; densidad aparente (DA) por el método de la probeta y el color con las Tablas de Munsell.

En el caso de las propiedades químicas: el potencial de hidrógeno (pH), con un potenciómetro en relación suelo-agua de 1:2 (p/v); Materia Orgánica (MO), por el método de Walkley y Black (1934); Carbonatos (CO_3^-), se extrajeron con agua destilada y su concentración se determinó por titulación ácida; cuantificación de carbono (C) y nitrógeno (N) orgánicos, Analizador de CN, modelo Truspec, Marca LECO; nitrógeno inorgánico (Ni), como nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), extracción con KCl. Destilación por arrastre de vapor con óxido de magnesio para el amonio y con aleación de derivada para el nitrato; fósforo total (Pt), por digestión ácido nítrico, ácido perclórico 2:1, extracción por el Método de Vanado/Molibdato (Norma Mexicana DGN-AA-32-1976); fósforo disponible (P disp.), por el método de Bray y Kurtz (1945), ambos tipos de fósforo fueron cuantificados en Espectrofotómetro UV-VIS marca Shimadzu, modelo 1900i; Extracción acetato de amonio 1 N pH7 para determinar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC); contenido de potasio (K), extracción acetato de amonio

1 N pH7, cuantificación en Fotoflamómetro marca Corning, modelo 410; calcio (Ca) y magnesio (Mg), extracción con acetato de sodio 1N pH 8.2, cuantificación con Espectrofotómetro de Absorción Atómica, modelo FS240 marca Varian.

7.7. Análisis estadísticos

Los datos de las variables ambientales y de vegetación que cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de Tukey-Kramer; mientras que cuando no se cumplía con dichos supuestos, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, seguida de la prueba de Bonferroni para corroborar entre cuales transectos se presentaban las diferencias. Dichos análisis fueron realizados utilizando el software NCSS (2020), con la finalidad de comparar si existen diferencias de los parámetros de la vegetación (altura, cobertura, área basal, abundancia); riqueza y diversidad, y de las variables topográficas (altitud y pendiente) entre los diferentes transectos.

Además, para determinar las relaciones existentes dentro de los transectos debido a los gradientes de altitud y pendiente, se realizaron análisis de correlación de Spearman debido a que los datos de las variables independientes no fueron normales con la prueba de Shapiro-Wilk y, adicionalmente, se realizaron análisis de regresión entre los parámetros de la vegetación como altura, cobertura, área basal, abundancia, riqueza y diversidad, con las variables ambientales de altitud y pendiente, utilizando los programas Release 8.9.1 (Zaiontz, 2023) y Past 4.0 (Hammer et al., 2001), reportando con gráficos para este caso, sólo los que mostraron significancia con $P \leq 0.05$.

Asimismo, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), utilizando las variables edáficas cuantitativas y los datos de presencia/ausencia de especies vegetales, para conocer la existencia de algún patrón de ordenación de los sitios (transectos/laderas) por la correspondencia de sus especies vegetales, y las propiedades físicas y químicas del suelo, utilizando el complemento de análisis de datos de Excel XLSTAT (2024). Además, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) entre laderas para conocer si existían diferencias según la exposición en el CLC, respecto de algunas características de la vegetación como altura, cobertura, área basal, abundancia, riqueza y diversidad.

Las propiedades físicas y químicas del suelo fueron analizadas utilizando una prueba estadística de varianzas múltiples (MANOVA) con el software NCSS (2020), incluyendo dos factores, que fueron la ladera y la estación, para conocer si existen efectos debidos a la exposición y a la estacionalidad.

8. RESULTADOS

8.1. Composición florística del Cerro La Cazuela (CLC)

Como resultado del proceso de colecta e identificación de las especies de árboles y arbustos, incluyendo arborescentes y rosetófilas pertenecientes a los estratos arbóreo y arbustivo de la SBC del Cerro La Cazuela, se contabilizaron 214 especies, que corresponden a 158 géneros y 52 familias de angiospermas (Cuadros 1 y 2), con un orden alfabético y siguiendo el sistema de clasificación APG IV (2016) para el

reconocimiento de las familias botánicas y la circunscripción de los géneros y especies que contienen.

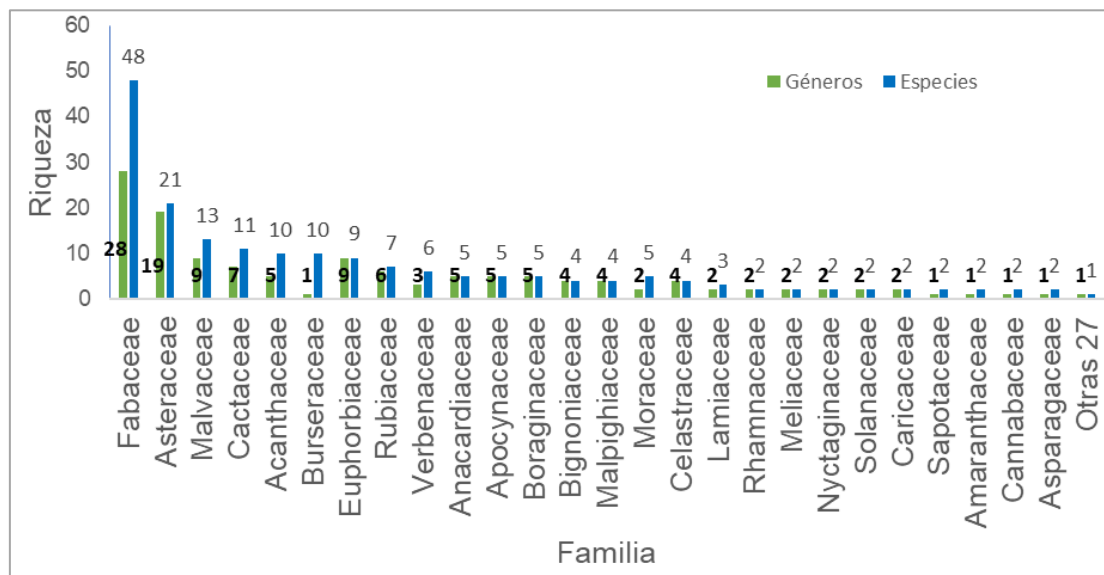


Figura 2. Riqueza de géneros y especies de las familias botánicas mejor representadas en la selva baja caducifolia (SBC) del Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. Fabaceae es la más destacada por su riqueza genérica (barra color verde y números en negritas) y específica (barra de color azul). Es importante mencionar que 27 familias (52 %) están representadas sólo por un género y una especie en el CLC.

Las familias mejor representadas fueron: Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Acanthaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae y Cactaceae (Fig. 2). Asimismo, los géneros con mayor número de especies fueron *Bursera* (10), *Mimosa* (6) y *Senna*, *Acaciella*, *Tetramerium*, *Opuntia*, *Ficus* y *Lantana* (4) (Fig. 3).

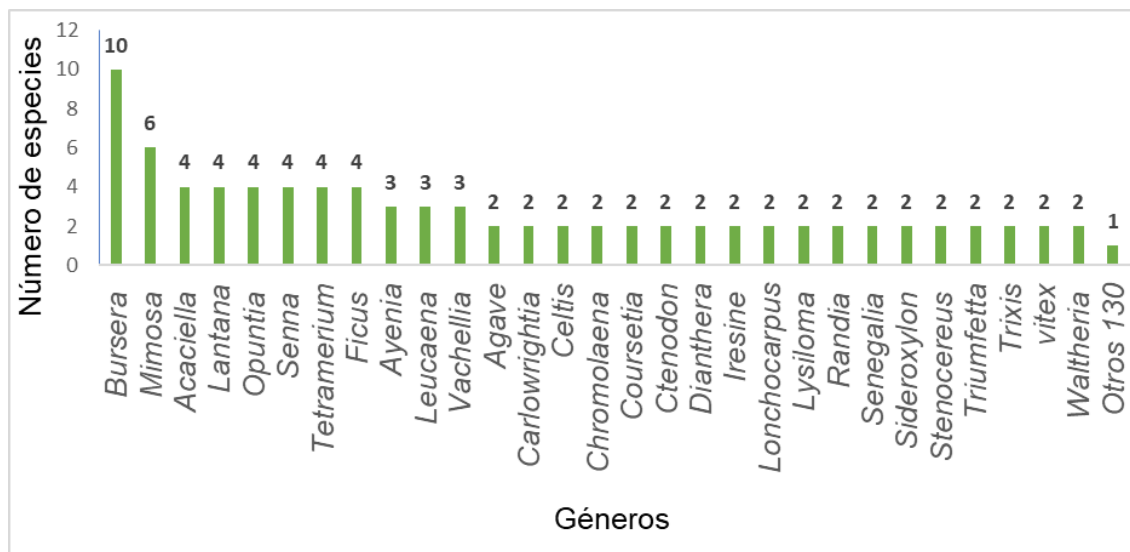


Figura 3. Riqueza específica por género en el Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. De izquierda a derecha, en orden descendente, destaca el género *Bursera* con mayor número de especies, seguido por *Mimosa* con cinco especies; posteriormente cinco géneros con cuatro especies; cuatro géneros con tres especies; 18 géneros con dos especies, y resalta que 130 géneros (ca. 81 %) presentaron una especie, lo que representa alta diversidad genérica.

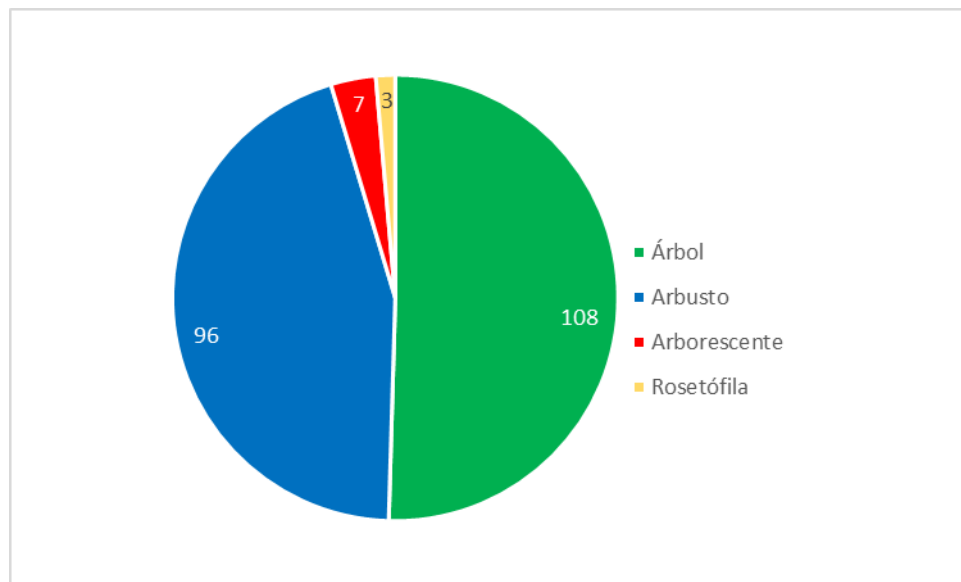


Figura 4. Formas de crecimiento de las especies vegetales de los estratos arbóreo y arbustivo del Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. Los árboles fueron los más relevantes (50.46 %); aunque, muy cerca al porcentaje de los arbustos (44.8 %), las arborescentes, con porte similar a un árbol (7 %) y las rosetófilas (3 %) con forma arrosetada y estípites florales de gran tamaño (>2m).

De acuerdo con su distribución en México, 78 especies son endémicas y el resto se distribuyen en México y el trópico americano.

Por su forma de crecimiento, 108 son árboles, 96 arbustos, 7 arborescentes y 3 rosetófilas (Fig. 4). En total, 113 especies se encuentran listadas en alguna categoría según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2025), 101 especies se encuentran en la categoría de preocupación menor, tres como casi amenazadas, cinco vulnerables y cuatro en peligro de extinción (Cuadro 2). Además, cinco se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Microdesmia arborea* (Seem.) Sothers & Prance y *Sideroxylon capiri* (A.DC.) Pittier como amenazadas mientras que *Dalbergia congestiflora* Pittier y *Fouquieria ochoterenae* Miranda se encuentran en la categoría de peligro de extinción.

Cuadro 1. Especies presentes en el Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. Los símbolos (•) señalan las especies presentes en el muestreo por transectos y los (*) señalan especies endémicas de México. El listado se presenta en orden alfabético y siguiendo la clasificación del APG IV (2016) para las familias reconocidas. La primera columna corresponde a los nombres científicos. La segunda columna son las claves de los nombres científicos que se utilizaron en el Análisis de Ocurrencia y en el Análisis de Correspondencia Canónica. La tercera columna incluye las abreviaturas de las formas de crecimiento (FC): **A**= árbol, **a**= arbusto, **Ar**= arborescente, y **R**= rosetófila.

Magnólicas

Annonaceae	Clave	FC
<i>Annona reticulata</i> Sieber ex A.DC.		A
Hernandiaceae		
<i>Gyrocarpus jatrophiifolius</i> Domin	GyrJa	A
Piperaceae		
<i>Piper amalago</i> L.		A

Monocotiledóneas

Asparagaceae	Clave	FC
• <i>Agave angustiarum</i> Trel.	AgAum	R
• <i>Agave angustifolia</i> Haw.	AgAng	R
Bromeliaceae		
• <i>Hechtia espejoana</i> Siekkinen, Hern.-Cárdenas & López-Ferr.	HechE	R

Eudicotiledóneas

Acanthaceae	Clave	FC
• <i>Carlowrightia arizonica</i> A. Gray	CarAr	a
* <i>Carlowrightia neesiana</i> (Schauer ex Nees) T.F. Daniel		a
• <i>Dianthera candicans</i> (Nees) Benth. & Hook.f. ex Hemsl.	DiCan	a
<i>Dianthera breviflora</i> (Nees) Hemsl.		a
• <i>Justicia pacifica</i> (Oerst.) Hemsl.	JuPac	a
<i>Ruellia inundata</i> Kunth		a
• <i>Tetramerium nervosum</i> Nees (Mill.)	TetNer	a
•* <i>Tetramerium glutinosum</i> Lindau ex Loes.		a
•* <i>Tetramerium ochoteranae</i> (Miranda) T.F.Daniel	TetOch	a
<i>Tetramerium tenuissimum</i> Rose		a
Amaranthaceae		
<i>Iresine calea</i> Standl.		a
<i>Iresine interrupta</i> Benth.		a
Anacardiaceae		
* <i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Schiede ex Standl.		A
•* <i>Comocladia mollissima</i> Kunth	CoMol	A
•* <i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth	CyrPr	A
•* <i>Pseudosmodium perniciosum</i> (Kunth) Engl.	PsPer	A
<i>Spondias purpurea</i> L.		A
Apocynaceae		
• <i>Cascabela obata</i> (Cav.) Lippold	CasOb	A
• <i>Haplophyton cimidium</i> A.DC.	HapCi	a
• <i>Plumeria rubra</i> L.	PluRu	A
<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.		a
•* <i>Tabernaemontana glabra</i> (Benth.) A.O.Simões & M.E.Endress	TaGla	A
Araliaceae		
<i>Aralia</i> sp.		A
Asteraceae		
<i>Ageratina crassiramea</i> (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.		a
•* <i>Boeberoides grandiflora</i> (DC.) Strother	BoGra	a

<i>Calea ternifolia</i> Kunth		a
• <i>Chromolaena collina</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	ChrCo	a
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.		a
<i>Critonia quadrangularis</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.		A
•* <i>Dendroviguiera guerrerana</i> (Panero & E.E.Schill.) E.E.Schill. & Panero	DeGue	a
<i>Eremosia triflosculosa</i> (Kunth) Gleason		A
* <i>Lasianthaea crocea</i> (A.Gray) K.M.Becker		a
•* <i>Otopappus epaleaceus</i> Hemsl.	OtEpa	a
•* <i>Perymenium macrocephalum</i> Greenm.	PerMa	a
•* <i>Pittocaulon bombycophole</i> (Bullock) H. Rob. & Brettell	PitBo	a
<i>Pluchea salicifolia</i> (Mill.) S.F.Blake		a
<i>Porophyllum punctatum</i> S.F.Blake		a
<i>Sinclairia glabra</i> Rydb.		a
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray		a
•* <i>Trixis calcicola</i> B.L. Rob.	TriCa	a
* <i>Trixis pringlei</i> B.L.Rob. & Greenm.		a
<i>Verbesina crocata</i> (Cav.) Less.		a
* <i>Vernonanthura liatroides</i> (A.DC.) H.Rob.		a
•* <i>Zaluzania pringlei</i> Greenm.	ZalPr	a
Bignoniaceae		
<i>Astianthus viminalis</i> (Kunth) Baill.		A
• <i>Crescentia alata</i> Kunth	CreAl	a
• <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Halmp	A
• <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	TecSt	a
Boraginaceae		
•* <i>Bouyeria andrieuxii</i> (A.DC.) Hemsl.	BouAn	A
•* <i>Cordia morelosana</i> Standl.	CorMo	A
<i>Ehretia tinifolia</i> L.		A
<i>Tournefortia mutabilis</i> Vent.		a
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pav.) Kunth		a
Burseraceae		
•* <i>Bursera aptera</i> Ramírez	BuApt	A
•* <i>Bursera bolivarii</i> Rzed.	BuBol	A
* <i>Bursera grandifolia</i> (Schltdl.) Engl.	BuGra	A
•* <i>Bursera lancifolia</i> (Schltdl.) Engl.	BuLan	A
•* <i>Bursera linanoe</i> (La Llave) Rzed., Calderón & Medina	BuLin	A
•* <i>Bursera longipes</i> (Rose) Standl.	BuLon	A
• <i>Bursera morelensis</i> Ramírez	BuMor	A

• <i>Bursera schlechtendalii</i> Engl.	BuSch	A
•* <i>Bursera submoniliformis</i> Engl.	BuSub	A
•* <i>Bursera xochipalensis</i> Rzed.	BuXoc	A
Cactaceae		
* <i>Cephalocereus mezcalaensis</i> Bravo	CeMex	Ar
* <i>Opuntia atropes</i> Rose	OpAtr	a
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck	OpDec	a
<i>Opuntia karwinskiana</i> Salm-Dyck		a
<i>Opuntia pubescens</i> H.L.Wendl. ex Pfeiff.		a
* <i>Pachycereus weberi</i> (J.M.Coult.) Backeb.		Ar
* <i>Pilosocereus chrysacanthus</i> (F.A.C.Weber ex K.Schum.) Byles & G.D.Rowley		Ar
* <i>Peniocereus viperinus</i> (F.A.C.Weber) Kreuz.		a
<i>Pereskiopsis</i> sp.		Ar
* <i>Stenocereus beneckeii</i> (Ehrenb.) A.Berger & Buxb.		a
<i>Stenocereus pruinosus</i> (Otto ex Pfeiff.) Buxb.		Ar
Cannabaceae		
<i>Celtis caudata</i> Planch.		A
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.		a
Capparaceae		
• <i>Morisonia incana</i> (Kunth) Christenh. & Byng	Molnc	A
Caricaceae		
<i>Carica papaya</i> L.		Ar
<i>Jacaratia mexicana</i> A.DC.		A
Celastraceae		
<i>Crossopetalum</i> sp.		a
• <i>Hippocratea volubilis</i> L.	HipVo	a
<i>Semialarium mexicanum</i> (Miers.) Mennega		a
• <i>Wimmeria</i> sp.	WimSp	A
Chrysobalanaceae		
<i>Microdesmia arborea</i> (Seem.) Sothers & Prance		A
Combretaceae		
• <i>Combretum fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	CFrut	a
Convolvulaceae		
• <i>Ipomoea pauciflora</i> M.Martens & Galeotti	IpoPa	A
Ebenaceae		
* <i>Diospyros salicifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		A
Erythroxylaceae		
• <i>Erythroxylum rotundifolium</i> Lunan	EryRo	A

Euphorbiaceae		
• <i>Acalypha filipes</i> (S.Watson) McVaugh	AcFil	a
• <i>Adelia oaxacana</i> (Müll. Arg.) Hemsl.	AdOax	a
• <i>Bernardia mexicana</i> (Hook. & Arn.) Müll.Arg.	BeMex	A
• <i>Cnidoscolus rostratus</i> Lundell	CniRo	A
• <i>Croton morifolius</i> Willd.	CroMo	A
• <i>Dalembertia populifolia</i> Baill.	DalPo	a
• <i>Ditaxis guatemalensis</i> (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	DitGu	a
• <i>Euphorbia schlechtendali</i> Boiss.	EuSch	A
• <i>Jatropha elbae</i> J.Jiménez Ram.	JatEl	A
Fabaceae		
• <i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose	AcAng	A
* <i>Acaciella igualensis</i> Britton & Rose		A
• <i>Acaciella painteri</i> Britton & Rose	AcPai	A
<i>Acaciella</i> sp.		A
• <i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	CaePu	a
<i>Calliandra eriophylla</i> Benth.		A
• <i>Conzattia multiflora</i> (B.L.Rob.) Standl.	ConMu	A
* <i>Coulteria rosalindamedinae</i> R.Torres, Saynes & Tenorio		A
• <i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) Lavin	CouCa	a
• <i>Coursetia glandulosa</i> A.Gray	CouGl	A
• <i>Ctenodon compactus</i> (Rose) A.Delgado	CteCo	a
<i>Ctenodon fascicularis</i> (Schltdl. & Cham.) A.Delgado		a
• <i>Dalbergia congestiflora</i> Pittier	DalbC	A
• <i>Dalea leptostachya</i> DC.	DaLep	a
<i>Desmodium glabrum</i> (Mill.) DC.		a
<i>Diphysa floribunda</i> Peyr.		A
* <i>Erythrina oliviae</i> Krukoff		A
• <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	GliSe	A
• <i>Haematoxylum brasiletto</i> H.Karst.	HaeBr	A
• <i>Indigofera platycarpa</i> Rose	IndPI	a
<i>Leucaena esculenta</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Benth.		A
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit		A
* <i>Leucaena macrophylla</i> Benth.		A
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	LonRu	A
• <i>Lonchocarpus</i> sp.	LonSp	A
• <i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F.Macbr.	LyDiv	A

•* <i>Lysiloma tergeminum</i> Benth.	LyTer	A
• <i>Mariosousa coulteri</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	MaCou	A
<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		a
•* <i>Mimosa goldmanii</i> B.L.Rob.	MiGol	A
* <i>Mimosa lacerata</i> Rose		a
•* <i>Mimosa mollis</i> Benth.	MiMol	A
• <i>Mimosa polyantha</i> Benth.	MiPol	a
<i>Neltuma laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose		A
<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.		A
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.		A
<i>Senegalia picachensis</i> (Brandeggee) Britton & Rose		A
<i>Senegalia riparia</i> (Kunth) Britton & Rose		a
<i>Senna holwayana</i> (Rose) H.S.Irwin & Barneby		A
• <i>Senna skinneri</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	SeSki	A
<i>Senna racemosa</i> (Mill.) H.S.Irwin & Barneby		A
• <i>Senna wislizeni</i> (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby	SenWi	a
•* <i>Sphinga acatlensis</i> (Benth.) Barneby & J.W.Grimes	SphAc	A
* <i>Vachellia bilimekii</i> (J.F.Macbr.) Seigler & Ebinger		a
• <i>Vachellia campechiana</i> (Mill.) Seigler & Ebinger	VaCam	A
• <i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	VaFar	a
• <i>Zapoteca formosa</i> (Kunth) H.M.Hern.	ZapFo	a
Fouquieriaceae		
•* <i>Fouquieria ochoteranae</i> Miranda	FouOc	A
Lamiaceae		
•* <i>Salvia breviflora</i> Moc. & Sessé	SalBr	a
* <i>Vitex mollis</i> Kunth		A
* <i>Vitex pyramidata</i> B.L.Rob.		A
Malpighiaceae		
•* <i>Bunchosia canescens</i> (W.T.Aiton) DC.	Bcane	a
•* <i>Echinopterys eglandulosa</i> (A.Juss.) Small	EchEg	a
•* <i>Lasiocarpus salicifolius</i> Liebm.	LaSal	A
•* <i>Malpighia mexicana</i> A.Juss.	MalMx	A
Malvaceae		
<i>Abutilon trisulcatum</i> (Jacq.) Urb.		a
<i>Ayenia aculeata</i> (Jacq.) Christenh. & Byng		a
•* <i>Ayenia mirandae</i> Cristóbal	AyeMi	a
• <i>Ayenia abutilifolia</i> (Turcz.) Turcz.	AyeSp	a
• <i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	CeiAe	A
• <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	GuaUl	A

* <i>Hibiscus jaliscensis</i> Fryxell		a
•* <i>Triumfetta mexiae</i> C.V.Morton & Lay	TrMex	A
<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.		a
* <i>Pavonia oxyphylla</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Fryxell		a
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand		A
<i>Waltheria indica</i> L.		a
•* <i>Waltheria pringlei</i> Rose & Standl.	WalPr	a
Meliaceae		
<i>Cedrela salvadorensis</i> Standl.		A
• <i>Swietenia humilis</i> Zucc.	SwiHu	A
Moraceae		
• <i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	FiCot	A
<i>Ficus insipida</i> Willd.		A
<i>Ficus trigonata</i> L.		A
* <i>Ficus petiolaris</i> Kunth		A
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.		A
Muntingiaceae		
<i>Muntingia calabura</i> L.		A
Myrtaceae		
<i>Psidium guajava</i> L.		A
Nyctaginaceae		
<i>Guapira petenensis</i> (Lundell) Lundell		A
• <i>Pisonia aculeata</i> L.		a
Onagraceae	PisAc	
<i>Hauya elegans</i> Moc. & Sessé ex DC.		A
Opiliaceae		
<i>Agonandra racemosa</i> (DC.) Standl.		A
Phyllantaceae		
• <i>Phyllanthus mocinoanus</i> Baill.	phyMo	a
Polygalaceae		
* <i>Polygala brachitropis</i> S.F. Blake		a
Polygonaceae		
* <i>Ruprechtia standleyana</i> Cocucci		A
Primulaceae		
* <i>Bonellia pringlei</i> (Bartlett) B.Ståhl y Källersjö		A
Resedaceae		
•* <i>Forchhammeria macrocarpa</i> Standl.	ForMa	A
Rhamnaceae		
<i>Colubrina triflora</i> Brongn. ex Sweet		A

* <i>Ziziphus amole</i> (Sessé & Moc.) MCJohnst.		A
Rubiaceae		
<i>Cephalanthus occidentalis</i> L.		A
• <i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) Schult.	ExoCa	A
<i>Guettarda macrosperma</i> Donn.Sm.		A
<i>Hamelia patens</i> Jacq.		a
• <i>Hintonia latiflora</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock	HinLa	A
• <i>Randia echinocarpa</i> Moc. & Sessé ex DC.	RaEch	a
• <i>*Randia thurberi</i> S.Watson	RaThu	a
Salicaceae		
• <i>Neopringlea viscosa</i> (Liebm.) Rose	NeoVi	A
Sapindaceae		
<i>Sapindus saponaria</i> L.		A
Sapotaceae		
• <i>Sideroxylon capiri</i> (A.DC.) Pittier	SidCa	A
• <i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D.Penn.	SidCe	a
Scrophulariaceae		
<i>Buddleja sessiflora</i> Kunth		a
Simaroubaceae		
<i>Simarouba amara</i> Aubl.		A
Solanaceae		
<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.		A
<i>Solanum erianthum</i> D.Don		A
Thymelaeaceae		
<i>Daphnopsis americana</i> (Mill.) JR Johnst.		A
Verbenaceae		
<i>Lantana achyranthifolia</i> Desf.		a
• <i>Lantana camara</i> L.	LanCa	a
• <i>Lantana canescens</i> Kunth		a
• <i>Lantana velutina</i> M.Martens & Galeotti	LanVe	a
• <i>Lippia organoides</i> Kunth	LiGra	a
* <i>Stachytarpheta velutina</i> Moldenke		a

Cuadro 2. Número de especies del Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México, listadas en alguna categoría de riesgo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

LC	NT	VU	EN
Preocupación menor	Casi amenazada	Vulnerable	En peligro
101	3	5	4

8.2. Estructura

8.2.1. Conformación de la comunidad vegetal

En la comunidad vegetal, por el método CCP, se contabilizaron 850 individuos, de los cuales 425 son árboles y 425 arbustos, correspondientes a 110 especies, que están marcadas con (•) en el Cuadro 1.

8.2.2. Estructura vertical arbórea

La altura promedio de los 425 individuos del estrato arbóreo, va desde su valor promedio más bajo $\bar{X} = 3.99$ m en el T9, hasta su valor más elevado en el T7 con $\bar{X} = 5.27$ m, siendo *Cyrtocarpa procera* la que presentó mayor altura con 15 m y *Exostema caribaeum* con 0.5 m fue la de altura más baja. En el estrato bajo, <4 m, se concentran 164 individuos y fue *Euphorbia schlechtendalii* el principal representante de dicho estrato; en el estrato medio, 4-6 m, se concentra un mayor número de individuos (170), siendo *Lysiloma tergeminum* el más común de dicho estrato y el estrato alto, >6 m, sólo presenta 90 individuos, siendo, en este caso, *Lysiloma divaricatum* y *Bursera xochipalensis* los más abundantes. Al comparar estadísticamente las alturas de los árboles entre transectos, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.186$).

8.2.3. Estructura vertical arbustiva

La altura promedio de los 425 individuos del estrato arbustivo, por transecto, va de $\bar{x} = 2.12$ m a $\bar{x} = 2.97$ m, destacando el T1 con 3.22 m; mientras que en el T5, sólo se alcanzó un valor promedio de 1.74 m. El arbusto con mayor altura (8.9 m) es *Sideroxylon celastrinum* y de menor altura corresponde a *Lantana camara* con 0.36 m.

En el estrato bajo, ≤ 1 m, se concentran 48 individuos y está representado, principalmente, por *Dianthera candicans*; en el estrato medio, >1 m a 2 m, se encuentran 133 individuos, representados, principalmente, por *Acalypha filipes*, y el estrato alto, >2 m, y más abundante, cuenta con 244 individuos, siendo *Mimosa mollis* y *Randia thurberi* las especies más representativas. Por su parte, al comparar las alturas de los arbustos entre los transectos, el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0.0001$) de T1 con T5 y T8, T5 con T9 y T10 y T8 con T9.

8.2.4. Estructura horizontal arbórea

En el estrato arbóreo, las especies más abundantes fueron: *Euphorbia schlechtendalii* (37 individuos), *Lysiloma terginum* (32), *L. divaricatum* (27), *Bursera submoniliformis* (25), *B. xochipalensis* (22) y *B. linanoe*, y *Ceiba aesculifolia* (21); siendo sólo *C. aesculifolia*, *B. aptera* y *L. terginum* las presentes en todos los transectos. Destaca *B. submoniliformis* como la especie más importante por su IVI en los transectos T1 y T7; mientras que los demás transectos tuvieron distintas especies destacadas en valor de importancia (IVI): *B. xochipalensis* (T2), *Cnidoscolus rostratus* (T3), *Haematoxylum brasiletto* (T4), *Jatropha elbae* (T5), *B. linanoe* (T6), *Sideroxylon capiri* (T8), *Swietenia humilis* (T9) y *E. schlechtendalii* (T10) (Cuadro 4); destaca *S. capiri* como la especie arbórea que presenta el mayor valor de área basal ($AB = 0.57 \text{ m}^2$) y *Conzattia multiflora* la mayor cobertura ($Cob = 224.78 \text{ m}^2$). Como se observa en el Cuadro 3, la riqueza específica de árboles muestreados por el método CCP, en la mayoría de los transectos, consta de 18 a 23 especies, siendo el transecto 8 el más sobresaliente ($S = 27$); mientras que la abundancia por transecto fue de 40 a 44

individuos. En cuanto a la densidad total, el T3 presenta la más elevada con 2,961 individuos por hectárea (ind/ha), y el T6 con 1,215 ind/ha muestra la densidad de árboles más baja. Respecto a la dominancia total, determinada con el área basal, destaca el T5 con 52.4 m²/ha, que ocupan los tallos principales en un plano horizontal; mientras que el T3, de acuerdo con el área de los troncos, sólo ocupan 17.3 m²/ha.

El análisis estadístico muestra que existen diferencias significativas ($p=0.00057$) entre el área basal de los árboles del T5 y T3, y entre T5 y T9. Por último, respecto a la cobertura promedio del área de las copas, el T5 presenta el valor más elevado con 21.53 m²; mientras que el T3 presenta el valor medio más bajo con 8.55 m² de copa, quedando en evidencia que, sólo se encontraron diferencias significativas ($p=0.02$), entre las coberturas de los transectos T5 y T9.

8.2.5. Estructura horizontal arbustiva

El estrato arbustivo está representado por las siguientes especies en orden de su abundancia: *Acalypha filipes* (63 individuos), *Mimosa mollis* (45), *Neopringlea viscosa* (33), *Adelia oaxacana* (31) y *Randia thurberi* (29). *A. filipes* es la especie más representativa del estrato arbustivo por aparecer en todos los transectos y ser la especie de arbusto más importante por su IVI, principalmente en los transectos T2, T3, T7 y T8, y seguida por *M. mollis* que es el arbusto más importante en los transectos T5, T6 y T10; mientras que, en el resto de los transectos, diferentes taxones se registraron como los más importantes: *R. thurberi* (T1), *A. oaxacana* (T4) y *Echinopterys eglandulosa* (T9) (Cuadro 5). Asimismo, es importante resaltar que

Sideroxylon celastrinum es el arbusto de mayor tamaño, destacando por ser el de mayor área basal ($AB = 0.35 \text{ m}^2$) y mayor cobertura ($Cob = 79.1 \text{ m}^2$).

La riqueza de especies arbustivas, en cada transecto, oscila entre 17 y 20 especies, con excepción del T10, en el que se registraron 13 especies; mientras que la abundancia se mantiene entre 39 y 44 individuos por transecto. En la mayoría de los transectos, la densidad total va de 3,181 a 3,798 ind/ha, resaltando el T4 con 4,750 ind/ha; mientras que los transectos 9 y 10 presentan sólo 1,693 y 1,599 ind/ha, respectivamente, encontrándose diferencias significativas únicamente en la densidad de los transectos 4 y 10 ($p = 0.0127$). En el caso de la dominancia total dada por el área basal, el valor más elevado lo tiene el T3, donde se presentan 64.8 m^2 de troncos por hectárea; mientras que el T10 muestra el valor más bajo con $26.28 \text{ m}^2/\text{ha}$. Con relación a la cobertura promedio de las copas, los transectos T1 y T9 presentan los valores promedio más altos ($\bar{x} = 6.7 \text{ m}^2$), siendo el T5 el que presenta el valor promedio más bajo de cobertura de copas arbustivas ($\bar{x} = 3.09 \text{ m}^2$), las coberturas de los arbustos tienen diferencias significativas en los transectos T1 con T4 y T5; y T9 con T4 y T5 ($p = 0.00126$).

Cuadro 3. Parámetros estructurales determinados en los 10 transectos que muestran los valores del ensamblaje de todas las especies presentes en cada transecto: **Ár** = árboles, **arb** = arbustos, **S** =riqueza específica, **n** =número total de individuos, **DTotal**= densidad total, **DomTotal**= dominancia total por área basal (**Ab**). En negritas se resaltan los valores más elevados de cada transecto y más destacados en los parámetros estructurales de la vegetación. La letra posterior a cada número de transecto corresponde a la exposición de la ladera: **N** = Norte, **S** = Sur, **E** = Este, **O** = Oeste, y **C** = Cima.

Transectos	1N	2N	3E	4E	5S	6S	7O	8O	9C	10C
S Ár	19	20	23	18	22	18	21	27	20	18
S arb	17	20	17	19	17	18	19	20	17	13
n Ár (total 425)	44	43	43	40	44	43	40	41	44	43
n arb (total 425)	44	44	44	40	40	43	39	44	44	43
Altura $\bar{x}$ Ár	5.08	4.43	4.44	5.09	4.96	4.72	5.27	4.87	3.99	4.27
Altura $\bar{x}$ arb	3.22	2.38	2.51	2.42	1.74	2.61	2.42	2.12	2.97	2.74
DTotal (ind/ha) Ár	2311	2343	2961	2013	1703	1215	2129	1858	1815	1834
DTotal (ind/ha) arb	3798	3396	3412	4750	3567	3353	3259	3181	1693	1599
DomTotal Ár (Ab) m²/ha	20.8	28.5	17.3	27.3	52.4	27.6	38.24	46.4	24.5	29.2
DomTotal arb (Ab) m²/ha	58.1	49.6	64.8	53.9	47.4	44	55	53.7	34.4	26.28
Cobertura $\bar{x}$ Ár m²	12.51	11.43	8.55	13.03	21.53	18.19	13.84	18.65	14.52	14.23
Cobertura $\bar{x}$ arb m²	6.7	5.81	5.80	4.47	3.09	5.39	3.31	3.47	6.7	4.76

Cuadro 4. Índice de Valor de Importancia (**IVI**) del estrato arbóreo, y parámetros estructurales absolutos y relativos que lo determinan, **FA**= frecuencia absoluta, **FR**= frecuencia relativa, **DA**= densidad absoluta, **DR**= densidad relativa, **dA**= dominancia absoluta, **dR**= dominancia relativa. **T**= transecto, **n**= número de individuos. Los números en negritas resaltan el porcentaje de la especie con el valor de importancia (**IVI**) más alto de cada transecto. La leyenda: Otras especies, se refiere al número de especies, que también se encuentran en el transecto, pero en general con menos de 5 % del **IVI** cada una (Anexo 1).

T	Especie	n	FA	FR	DA	DR	dA	dR	IVI
1	<i>Bursera submoniliformis</i>	3	36.36	10.26	157.57	6.82	4.16	20.02	12.36
1	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	18.18	5.13	157.57	6.82	4.89	23.51	11.82
1	<i>Lysiloma divaricatum</i>	6	45.45	12.82	315.14	13.64	1.53	7.37	11.28
1	<i>Euphorbia schlechtendalii</i>	6	36.36	10.26	315.14	13.64	0.95	4.55	9.48
1	<i>Lysiloma tergeminum</i>	3	27.27	7.69	157.57	6.82	1.13	5.42	6.65
	Otras 14 especies (Anexo 1)								
2	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	18.18	5.26	163.47	6.98	8.04	28.21	13.48
2	<i>Lysiloma divaricatum</i>	7	36.36	10.53	381.42	16.28	2.46	8.64	11.82
2	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	3	27.27	7.89	163.47	6.98	4.45	15.63	10.17
2	<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	27.27	7.89	163.47	6.98	3.19	11.21	8.69
2	<i>Bursera submoniliformis</i>	4	36.36	10.53	217.95	9.30	0.39	1.37	7.07
	Otras 5 especies (Anexo 1)								

Continúa

3	<i>Lysiloma tergeminum</i>	4	36.36	10.53	275.44	9.30	2.66	15.42	11.75
3	<i>Euphorbia schlechtendalii</i>	5	36.36	10.53	344.30	11.63	1.17	6.77	9.64
3	<i>Bursera longipes</i>	2	18.18	5.26	137.72	4.65	2.35	13.61	7.84
3	<i>Lysiloma divaricatum</i>	2	18.18	5.26	137.72	4.65	2.10	12.13	7.35
Otras 18 especies (Anexo 1)									
4	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	8	60	17.14	402.60	20.0	11.34	41.56	26.24
4	<i>Forchhammeria macrocarpa</i>	2	20	5.71	100.65	5.0	5.34	19.56	10.09
4	<i>Bursera linanoe</i>	4	40	11.43	201.30	10.0	1.79	6.57	9.33
4	<i>Bursera submoniliformis</i>	4	30	8.57	201.30	10.0	2.00	7.34	8.64
4	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	20	5.71	150.98	7.5	1.83	6.72	6.65
Otras 13 especies (Anexo 1)									
5	<i>Jatropha elbae</i>	4	36.36	10.53	154.82	9.09	9.15	17.44	12.35
5	<i>Bursera bolivarii</i>	7	54.55	15.79	270.93	15.91	1.75	3.34	11.68
5	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	27.27	7.89	116.11	6.82	7.58	14.45	9.72
5	<i>Bursera lancifolia</i>	2	18.18	5.26	77.41	4.55	5.71	10.88	6.90
Otras 17 especies (Anexo 1)									
6	<i>Bursera linanoe</i>	9	54.55	16.22	254.30	20.93	0.63	2.30	13.15
6	<i>Pseudosmodium perniciosum</i>	3	27.27	8.11	84.77	6.98	4.85	17.58	10.89
6	<i>Lysiloma tergeminum</i>	4	27.27	8.11	113.02	9.30	4.03	14.60	10.67
6	<i>Bursera submoniliformis</i>	5	45.45	13.51	141.28	11.63	1.00	3.63	9.59
6	<i>Jatropha elbae</i>	3	18.18	5.41	84.77	6.98	4.22	15.28	9.22
Otras 13 especies (Anexo 1)									
7	<i>Bursera submoniliformis</i>	6	60	16.67	319.35	15.0	6.37	16.66	16.11
7	<i>Lysiloma divaricatum</i>	5	40	11.11	266.13	12.5	3.25	8.49	10.70
7	<i>Cordia morelosana</i>	3	30	8.33	159.68	7.5	3.72	9.74	8.52
7	<i>Sideroxylon capiri</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	7.16	18.72	8.00
7	<i>Bursera longipes</i>	2	20	5.56	106.45	5.0	5.12	13.38	7.98
Otras 16 especies (Anexo 1)									
8	<i>Sideroxylon capiri</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	25.90	55.82	20.30
8	<i>Bursera morelensis</i>	5	27.27	7.89	226.59	12.20	6.80	14.66	11.58
8	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	3	27.27	7.89	135.95	7.32	0.74	1.59	5.60
8	<i>Lysiloma tergeminum</i>	3	27.27	7.89	135.95	7.32	0.28	0.60	5.27

Continúa

8	<i>Cordia morelosana</i>	2	18.18	5.26	90.63	4.88	2.00	4.32	4.82
8	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	18.18	5.26	90.63	4.88	1.83	3.94	4.69
Otras 21 especies (Anexo 1)									
9	<i>Swietenia humilis</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	7.29	29.76	11.47
9	<i>Euphorbia schlechtendalii</i>	6	54.55	14.29	247.50	13.64	0.29	1.19	9.70
9	<i>Bursera aptera</i>	2	18.18	4.76	82.50	4.55	4.33	17.69	9.00
9	<i>Ceiba aesculifolia</i>	4	36.36	9.52	165.00	9.09	0.99	4.04	7.55
9	<i>Lysiloma tergeminum</i>	5	36.36	9.52	206.25	11.36	0.23	0.92	7.27
9	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	27.27	7.14	123.75	6.82	1.47	6.00	6.65
Otras 15 especies (Anexo 1)									
10	<i>Euphorbia schlechtendalii</i>	10	72.73	21.62	426.51	23.26	1.02	3.48	16.12
10	<i>Bursera longipes</i>	3	27.27	8.11	127.95	6.98	6.88	23.58	12.89
10	<i>Bursera xochipalensis</i>	2	18.18	5.41	85.30	4.65	6.86	23.52	11.19
10	<i>Bursera aptera</i>	3	27.27	8.11	127.95	6.98	3.07	10.51	8.53
10	<i>Bursera bolivarii</i>	3	27.27	8.11	127.95	6.98	1.86	6.36	7.15
10	<i>Bursera morelensis</i>	2	18.18	5.41	85.30	4.65	3.30	11.29	7.12
Otras 12 especies (Anexo 1)									

Cuadro 5. Índice de valor de importancia (IVI) del estrato arbustivo, en los 10 transectos establecidos en el Cerro "La Cazuela", Tlaucingo, Puebla, México, y los parámetros estructurales que lo determinan **FA**= frecuencia absoluta, **FR**= frecuencia relativa, **DA**= densidad absoluta, **DR**= densidad relativa, **dA**= dominancia absoluta, **dR**= dominancia relativa, **VI**= valor de importancia. **T**= transecto, **n**= número de individuos. La leyenda: Otras especies, se refiere al resto de especies presentes en el transecto, pero que juntas conforman menos del 50 % del IVI, y cada una, en general, aporta menos del 5 % de IVI (Anexo 2).

T	Especie	N	FA	FR	DA	DR	dA	dR	IVI
1	<i>Randia thurberi</i>	12	72.73	22.86	1035.82	27.27	11.06	19.04	23.06
1	<i>Neopringlea viscosa</i>	6	45.45	14.29	517.91	13.64	10.82	18.62	15.52
1	<i>Sphinga acatlensis</i>	2	9.09	2.86	172.64	4.55	17.17	29.57	12.32
Otras 14 especies (Anexo 2)									Continúa

2	<i>Acalypha philipes</i>	11	54.55	17.14	849.00	25.00	10.99	22.13	21.42
2	<i>Neopringlea viscosa</i>	7	54.55	17.14	540.27	15.91	11.15	22.46	18.50
2	<i>Mimosa polyantha</i>	5	36.36	11.43	385.91	11.36	1.95	3.93	8.91
2	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	10.22	20.59	8.57
Otras 16 especies (Anexo 2)									
3	<i>Acalypha philipes</i>	11	63.64	21.88	853.00	25.00	9.89	15.27	20.71
3	<i>Sideroxylon celastrinum</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	27.21	42.02	15.81
3	<i>Adelia oaxacana</i>	7	36.36	12.50	542.82	15.91	8.92	13.78	14.06
Otras 13 especies (Anexo 2)									
4	<i>Adelia oaxacana</i>	6	30	10.00	712.50	15.0	21.01	38.97	21.32
4	<i>Neopringlea viscosa</i>	5	40	13.33	593.75	12.5	7.52	13.94	13.26
4	<i>Mimosa mollis</i>	5	30	10.00	593.75	12.5	5.07	9.40	10.63
4	<i>Acalypha philipes</i>	7	30	10.00	831.25	17.5	1.65	3.05	10.18
Otras 15 especies (Anexo 2)									
5	<i>Mimosa mollis</i>	8	54.55	22.22	713.40	20.0	23.08	48.67	30.30
5	<i>Justicia candicans</i>	6	27.27	11.11	535.05	15.0	1.59	3.36	9.82
5	<i>Acalypha philipes</i>	4	9.09	3.70	356.70	10.0	5.29	11.15	8.28
5	<i>Lippia graveolens</i>	4	18.18	7.41	356.70	10.0	2.41	5.09	7.50
Otras 13 especies (Anexo 2)									
6	<i>Mimosa mollis</i>	14	80	24.24	1091.67	32.56	17.32	39.37	32.06
6	<i>Adelia oaxacana</i>	4	40	12.12	311.91	9.30	4.44	10.10	10.51
6	<i>Ayenia mirandae</i>	4	30	9.09	311.91	9.30	3.74	8.51	8.97
Otras 15 especies (Anexo 2)									
7	<i>Acalypha philipes</i>	8	36.36	12.50	668.51	20.51	11.93	21.70	18.24
7	<i>Neopringlea viscosa</i>	6	36.36	12.50	501.38	15.38	10.10	18.37	15.42
7	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	3	27.27	9.38	250.69	7.69	7.87	14.32	10.46
7	<i>Mimosa goldmanii</i>	4	36.36	12.50	334.26	10.26	3.88	7.07	9.94
Otras 15 especies (Anexo 2)									
8	<i>Acalypha philipes</i>	14	63.64	20.59	1012.14	31.82	12.66	23.59	25.33
8	<i>Randia thurberi</i>	3	27.27	8.82	216.89	6.82	12.31	22.93	12.86

Continúa

8	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	2	18.18	5.88	144.59	4.55	7.02	13.08	7.83
8	<i>Neoprintlea viscosa</i>	2	18.18	5.88	144.59	4.55	4.54	8.46	6.30
	Otras 16 especies (Anexo 2)								
9	<i>Echinopterys eglandulosa</i>	8	63.64	17.95	307.82	18.18	2.44	7.11	14.41
9	<i>Adelia oaxacana</i>	7	45.45	12.82	269.34	15.91	4.42	12.85	13.86
9	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	3	27.27	7.69	115.43	6.82	8.51	24.76	13.09
9	<i>Randia thurberi</i>	6	45.45	12.82	230.86	13.64	3.49	10.15	12.20
	Otras 13 especies (Anexo 2)								
10	<i>Mimosa mollis</i>	15	90.91	29.41	557.79	34.88	8.48	32.27	32.19
10	<i>Echinopterys eglandulosa</i>	9	45.45	14.71	334.67	20.93	4.15	15.79	17.14
10	<i>Crescentia alata</i>	2	18.18	5.88	74.37	4.65	6.94	26.42	12.32
	Otras 10 especies (Anexo 2)								

8.3. Diversidad

8.3.1. Abundancia de individuos

A través del conteo, se registraron 1,933 individuos de árboles, arbustos, arborescentes y rosetófilas, que son elementos destacados en la fisonomía de la comunidad vegetal, contabilizados en 990 m² en total, ca. 0.1 ha, que corresponden a los 10 transectos de 100 m² o 0.01 ha cada uno, las especies contabilizadas en este método están señaladas con (•) en el Cuadro 1.

La especie con mayor presencia, por el conteo de presencia-ausencia, fue el arbusto *A. filipes* (137), seguido por el árbol *Bursera linanoe* (78); posteriormente, la rosetófila *Hechtia espejoana* (69), el árbol *B. submoniliformis* (65) y la cactácea arborescente *Cephalocereus mezcalaensis* (62). En todos los transectos, se destaca la presencia de *B. aptera*, *Croton morifolius* y *Lysiloma tergeminum*. La especie más común fue el arbusto *A. filipes* con presencia en los transectos T2, T3, T4 y T8; los

demás transectos presentan diferentes especies como las más abundantes: *Ctenodon compactus* (T1), *M. mollis* (T5), *Dianthera candicans* (T6), *Justicia pacifica* (T7), *A. oaxacana* (T9) y *C. mezcalaensis* (T10).

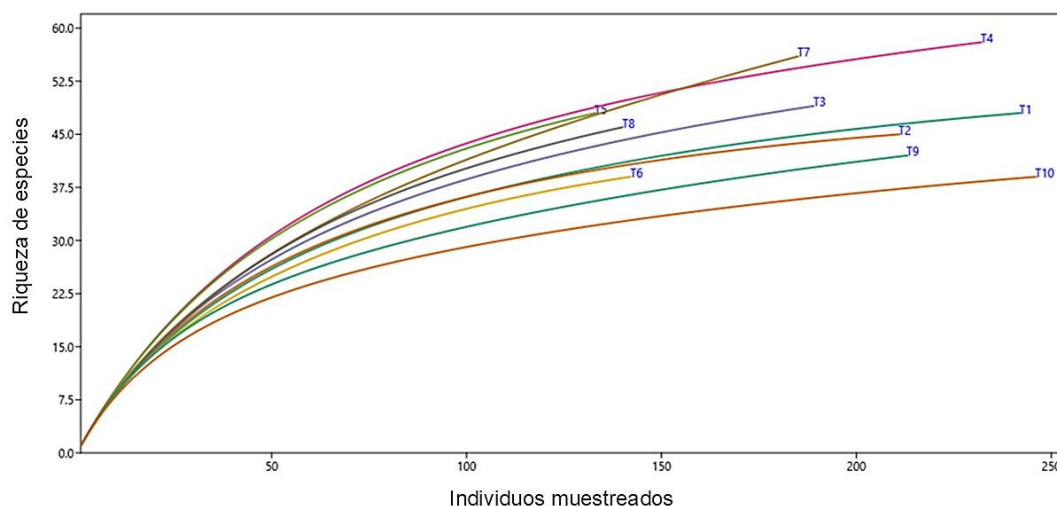


Figura 5. Curvas de acumulación de especies en los 10 transectos establecidos en el Cerro “La Cazuela”, Tlaucingo, Puebla, México. La línea del T7 presenta la pendiente más pronunciada y el T10 la menor pendiente con tendencia a la asíntota. La pendiente más pronunciada indica mayor diversidad y tendencia a incrementar la riqueza en caso de muestrear más individuos; la asíntota indica que se ha completado el esfuerzo de muestreo al incrementar pocas especies ante el muestreo de más individuos.

8.3.2. Diversidad alfa (α)

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') muestra que los 10 transectos presentan una diversidad considerada alta, muy cercana al logaritmo natural de la riqueza (S); la más baja es de 3.245 (T10), mientras que la más elevada es de 3.884 (T4), este último transecto, al mismo tiempo, presenta la menor dominancia, con relación al índice de Simpson ($D = 0.025$) (Cuadro 6). Se encontraron diferencias significativas en los valores de diversidad de Shannon ($p= 0.00027$), de los transectos T2 y T8 y T4 respecto a T8, y T6.

En las curvas de acumulación de especies (Fig. 5) la mayoría de los transectos muestran tendencia a la asíntota en la riqueza a los 100 individuos muestreados, excepto en el T7 que tiene la pendiente más pronunciada y, por lo tanto, podría albergar más especies si se incrementara la magnitud de muestreo. Complementando con la estimación del índice de Chao 1, en la mayoría de los transectos se muestreó más del 80% de la riqueza esperada, con excepción, nuevamente, del T7, en el que se esperaban hasta 100 especies y sólo se registraron 56.

Ante la incertidumbre de las especies que podrían colectarse en caso de incrementar la superficie de muestreo, se recurrió a complementar el trabajo florístico con expediciones aleatorias, que apoyaron la representatividad de las especies vegetales del sitio de estudio, que pudieron no haberse encontrado en el muestreo por transectos y se presentaron en el inciso 8.1 y Cuadro 1.

Cuadro 6. Índices de diversidad alfa (α), Shannon-Wiener (H') y dominancia de Simpson (D). Se muestran los valores de riqueza (S) y abundancia (n) que son los parámetros que los determinan. **T** = Transecto, Laderas: **N** = Norte, **S** = Sur, **E** = Este, **O** = Oeste, y **C** = Cima. Se resaltan en negritas los valores más elevados de cada parámetro de la vegetación en el transecto con los valores más conspicuos.

	T1N	T2N	T3E	T4E	T5S	T6S	T7O	T8O	T9C	T10C
Riqueza (S)	48	45	49	58	48	39	56	46	42	39
Abundancia (n)	242	211	189	232	133	142	185	140	213	246
Shannon (H')	3.51	3.539	3.619	3.884	3.798	3.423	3.718	3.592	3.408	3.245
Simpson (D)	0.047	0.041	0.039	0.025	0.026	0.043	0.036	0.047	0.042	0.054
Chao 1	52.98	48.26	60.94	71.28	59.25	45.55	99.64	58.28	53.32	45.58

8.3.3. Diversidad Beta (β)

El Coeficiente de Similitud de Jaccard expuso que, en la mayoría de los transectos, la similitud es de media a baja, alrededor de $J' = 0.5$, entre T1 y T2, T2 y T3, T3 y T4, y T2 y T4. Los datos de presencia-ausencia de los taxones indican que cada transecto tiene altas diferencias en composición, y el dendrograma muestra que el agrupamiento por similitud no corresponde a un agrupamiento por laderas, excepto en T5 y T6 que sí están agrupados y corresponden a la ladera Sur; en tanto que el T8 es el que guarda menor similitud con el resto con un valor de $J' = 0.232$ con relación a T10 y T6, y un valor de 0.288 respecto a T1 y T5 (Cuadro 7), es el menos parecido en composición florística y conserva su posición al enraizar el dendrograma de similitud (Fig. 6). En forma adicional, el Índice de Morisita-Horn, al considerar también la abundancia de individuos por especie y no sólo la presencia-ausencia, permite observar mayor similitud entre transectos por su cercanía espacial, mostrando un agrupamiento de los transectos por laderas T1 y T2 (Norte), T3 y T4 (Este), T5 y T6 (Sur), T9 y T10 (Cima), con la excepción de los transectos T7 y T8 (Oeste) que, por su composición, quedan separados y unidos a otros conjuntos de transectos (Fig. 7), siendo muy marcado el efecto de ladera sobre la composición florística de los transectos.

Por lo tanto, para conocer si el efecto de ladera, en relación con las variables abióticas y de vegetación, expone diferencias significativas que expliquen la variación en la vegetación, se realizó un análisis de dichas variables por ladera a partir del inciso 8.5.

Cuadro 7. Valores del Coeficiente de Similitud de Jaccard, siendo los pares de sitios con valores de 1=completa similitud y 0=completamente diferentes. En negritas se destacan los valores más altos de similitud entre transectos. Los valores son de $J'=0.6$ o inferiores, lo que sugiere similitud intermedia a baja, y se reconoce como una diversidad beta elevada.

Similitud	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	1									
T2	0.576	1								
T3	0.47	0.593	1							
T4	0.472	0.537	0.551	1						
T5	0.371	0.31	0.329	0.342	1					
T6	0.338	0.333	0.397	0.426	0.45	1				
T7	0.425	0.485	0.438	0.443	0.405	0.397	1			
T8	0.288	0.319	0.338	0.351	0.288	0.232	0.342	1		
T9	0.5	0.582	0.517	0.408	0.385	0.397	0.42	0.354	1	
T10	0.426	0.448	0.419	0.366	0.359	0.368	0.301	0.232	0.528	1

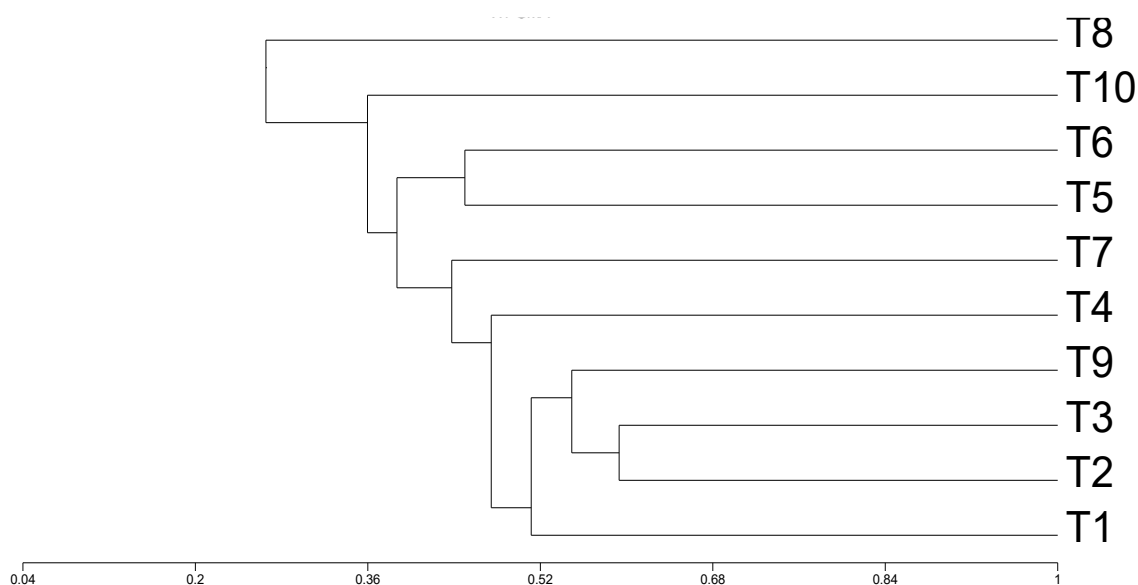


Figura 6. Dendrograma de similitud entre transectos, utilizando el coeficiente de Jaccard, basado en presencia/ausencia de taxones, enraizado por el transecto más diferente y agrupando a los transectos por su similitud florística. Realizado en MVSP. El T8 presenta mayor disimilitud florística del resto de transectos; a partir de un valor de similitud de 0.5 se forma un grupo de los transectos T1, T2, T3, T9 y T4, que consiste de transectos con exposición Norte, Este y Cima-Norte, con condiciones de menor aridez y pendiente menos pronunciada, mientras que el resto de los transectos no se agrupan y tienen valores de similitud $J' < 0.5$, que corresponden a los transectos T7 y T8 con exposición Oeste, T10 de la Cima-Sur, y T5 y T6 con exposición Sur.

Cuadro 8. Valores del Índice de Morisita-Horn. Los pares de sitios con valores de 1 = completa similitud y 0=completamente diferentes. Este índice considera, además de la similitud en composición de especies por presencia/ausencia, la abundancia de las especies, y expone la similitud entre transectos debida a los taxones más abundantes que comparten. En negritas se destacan los pares de transectos con mayor similitud considerada media-alta, mientras que la mayoría presenta similitud intermedia y sólo en el caso del T8 vs T10, se presentó similitud baja y se marca en cursivas.

Similitud	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	1									
T2	0.77	1								
T3	0.61	0.72	1							
T4	0.62	0.67	0.68	1						
T5	0.48	0.49	0.49	0.48	1					
T6	0.44	0.42	0.46	0.51	0.72	1				
T7	0.59	0.63	0.59	0.63	0.53	0.54	1			
T8	0.42	0.52	0.51	0.51	0.45	0.30	0.47	1		
T9	0.61	0.68	0.63	0.54	0.51	0.50	0.51	0.44	1	
T10	0.51	0.60	0.49	0.41	0.54	0.54	0.42	<i>0.25</i>	0.66	1

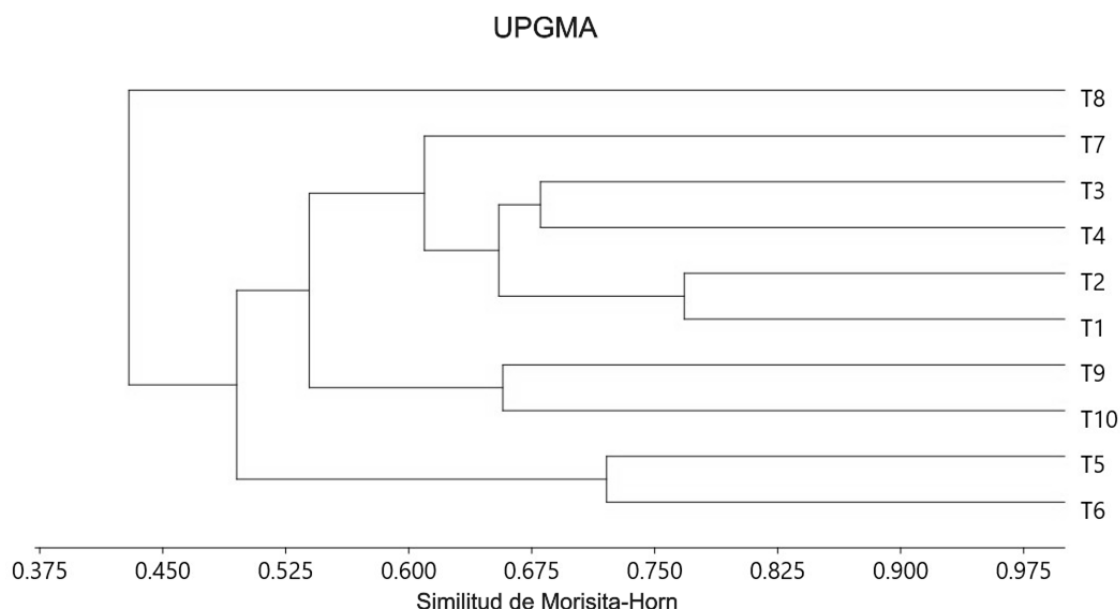


Figura 7. Dendrograma de similitud utilizando el índice de Morisita-Horn, basado en composición y abundancia de especies, enraizado por el transecto más diferente y agrupando a los transectos por similitud florística. Realizado en Past 4.0. El agrupamiento corresponde a la similitud florística y la cercanía entre transectos, quedando aún más definido el efecto de ladera, los más similares en composición son los transectos T1 y T2 (Norte), seguidos por T5 y T6 (Sur); además de ser muy similares T3 y T4 (Este) y, finalmente, se agrupan T9 y T10 (Cima), quedando separado el T7 y el T8, al igual que con el coeficiente de Jaccard. Asimismo, el T8 sigue siendo el de menor similitud con los otros transectos, quedando en la raíz del dendrograma. Se confirma, nuevamente, que T7 y T8, de la ladera oeste, son los más diversos y con más especies exclusivas.

8.4. Altitud, pendiente y vegetación

La relación de los parámetros de la vegetación con las variables abióticas de altitud y pendiente no fue muy marcada, especialmente, los parámetros estructurales dasométricos por forma de crecimiento. Respecto a la altitud, únicamente la altura de los árboles tuvo correlación positiva ($r = 0.23$; $p = 0.01$); además, la distancia de separación entre individuos y el punto de muestreo, también mostró una correlación positiva ($r = 0.2$; $p = 0.03$).

Respecto a la pendiente, sólo los parámetros estructurales de los arbustos presentaron significancia en sus correlaciones (Cuadros 9 y 10); además, fueron correlaciones bajas y negativas: altura ($r = -0.32$; $p = 0.0007$), área basal ($r = -0.18$; $p = 0.05$) y cobertura ($r = -0.27$; $p = 0.003$) arbustivas, mientras que, en el análisis de regresión (Cuadro 11), sólo la altura arbustiva tuvo significancia ($p = 0.01$, Cuadro 12), con un coeficiente de determinación muy bajo ($r^2 = 0.07$, Fig. 8C).

Los parámetros de abundancia, riqueza y diversidad del estrato arbóreo y arbustivo tuvieron relación negativa en general (Fig. 8); la abundancia de individuos ($r = -0.44$; $p < 0.00001$) y la riqueza ($r = -0.28$; $p = 0.003$) mostraron correlación negativa respecto a la pendiente, con coeficiente de determinación de la regresión bajo en la abundancia ($r^2 = 0.2$; $p < 0.00002$) y muy bajo en la riqueza ($r^2 = 0.07$; $p = 0.01$).

En el caso de la altitud, respecto a la diversidad, únicamente la dominancia de Simpson (Fig. 8 mostró correlación negativa $r = -0.31$ ($p < 0.0001$), con un coeficiente de determinación de la regresión muy bajo ($r^2 = 0.10$; $p < 0.0004$).

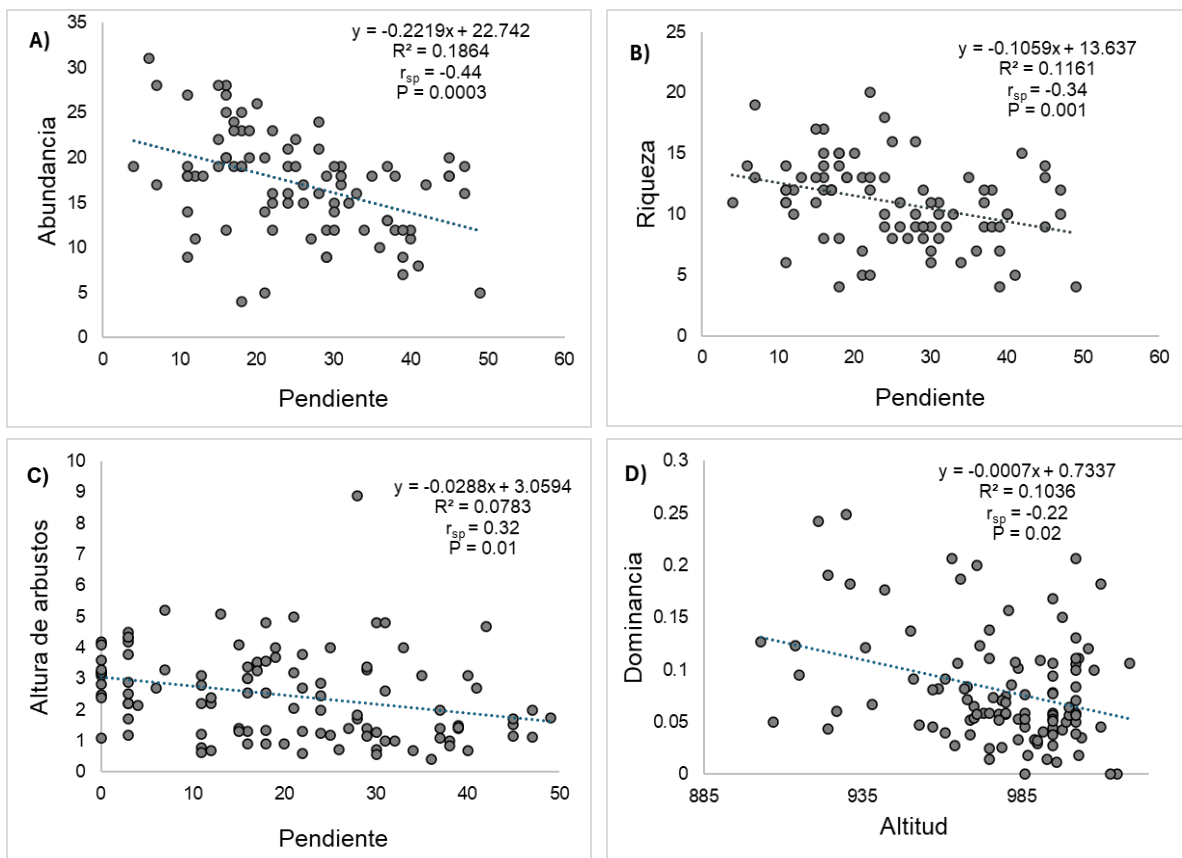


Figura 8. Gráficas de dispersión que exponen la relación entre las variables independientes abióticas (pendiente y altitud) y las variables dependientes (parámetros de la vegetación), y que presentaron significancia ($p < 0.05$). R^2 : coeficiente de determinación; r_{sp} : coeficiente de correlación de Spearman; P : probabilidad de significancia $\alpha < 0.05$. En todos los casos, la pendiente de la recta fue negativa, lo que representa una relación negativa.

Cuadro 9. Prueba de Shapiro-Wilk (S-W) para comprobar la normalidad de las variables. En negritas, las únicas variables que cumplieron con el supuesto; en cursivas y subrayadas, las probabilidades (p) de las variables independientes. Ambas no cumplen el supuesto de normalidad, lo que compromete a utilizar análisis estadísticos no paramétricos, al emplear dichas variables. **Arbo**: arbórea; **arbu**: arbustiva; **Alt**: altura; **AB**: área basal; **Cob**: cobertura; **Dist**: distancias; **Abund**: abundancia; **Dom_S**: dominancia de Simpson; **H'**: Shannon-Wiener.

	Pend	Altitud	Alt_Arbo	AB_Arb	Cob_Arb	Alt_arbu	AB_arbu	Cob_arbu	Dist.	Abund.	Riqueza	Dom_S	H'
N	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
S-W	0.955	0.9048	0.9331	0.5747	0.6543	0.9231	0.4318	0.5516	0.9668	0.9879	0.984	0.9096	0.9765
p(normal)	<u>0.0011</u>	<u>1.09E-06</u>	3.91E-05	3.49E-16	1.37E-14	1.01E-05	1.43E-18	1.32E-16	0.008499	0.4406	0.2216	1.90E-06	0.05309

Cuadro 10. Análisis de correlación de Spearman. Se realizó debido a que las variables independientes de altitud y pendiente no cumplieron el supuesto de normalidad. Hacia el lado derecho, en negritas, se resaltan los valores que representan una p significativa ($p \leq 0.05$); y, en contraparte, en el lado izquierdo, su correspondiente valor del coeficiente de correlación r , resaltando en negritas los que sí presentan correlación considerando correlación muy baja $r < 0.2$; a $0.2 < r < 0.4$ una correlación baja y $0.4 < r < 0.6$ como correlación moderada. **Arbo**: arbórea; **arbu**: arbustiva; **Alt**: altura; **AB**: área basal; **Cob**: cobertura; **Dist**: distancias; **Abund**: abundancia; **Dom_S**: dominancia de Simpson; **H'**: Shannon-Wiener.

r_s/P	Pend	Altitud	Alt_Arb	AB_Arb	Cob_Arb	Alt_arbu	AB_arbu	Cob_arbu	Dist.	Abund	Riqueza	Dom_S	H'
Pend		6.94E-08	0.57192	0.4325	0.12623	0.000701	0.05	0.00387	0.108	1.12E-06	0.00311	0.67625	0.06055
Altitud	-0.49082		0.14827	0.52139	0.27406	0.01383	0.7169	0.18238	0.03149	0.16983	0.43541	0.02073	0.27428
Alt_Arbo	0.05499	-0.14005		1.8E-16	3.75E-21	0.48111	0.35808	0.54207	0.06089	0.006581	0.10471	0.4605	0.51269
AB_Arbo	0.07631	-0.06237	0.68827		3.01E-22	0.097763	0.053985	0.20269	0.94642	0.937	0.80124	0.83039	0.6201
Cob_Arbo	0.14805	-0.10618	0.75506	0.7681		0.27113	0.10348	0.24577	0.72838	0.39755	0.65188	0.05127	0.1218
Alt_arbu	-0.32117	0.23626	-0.06851	-0.16016	-0.10683		4.45E-09	3.32E-23	0.49208	0.017695	0.05712	0.40554	0.1198
AB_arbu	-0.18577	0.03529	-0.08930	-0.18596	-0.15753	0.52756		9.62E-12	0.48826	0.041103	0.01567	0.3183	0.03701
Cob_arbu	-0.27574	0.12928	-0.05931	-0.12355	-0.11264	0.77884	0.5965		0.27736	0.12293	0.22972	0.57649	0.26829
Dist	-0.15553	0.20712	-0.18097	0.00654	0.03380	0.06681	0.0674	0.10546		0.12853	0.03665	0.76414	0.05840
Abund	-0.44859	0.13305	0.25999	0.00770	0.08223	0.22788	0.1969	0.14934	-0.14717		5.38E-19	0.2443	8.10E-06
Riqueza	-0.28191	0.07583	0.15698	-0.02451	-0.04390	0.18364	0.23205	0.11654	-0.20135	0.7268		5.31E-06	3.04E-37
Dom_S	0.04064	-0.22235	0.07176	0.02085	0.18808	-0.08085	-0.09693	-0.05434	0.02921	0.11299	-0.4223		3.29E-20
H'	-0.18121	0.10614	0.06367	-0.04823	-0.14979	0.15059	0.20098	0.10746	-0.18272	0.41474	0.8864	-0.74315	

Cuadro 11. Análisis de regresión múltiple. Para conocer la linealidad entre las variables independientes de la pendiente y altitud, y las variables dependientes de los parámetros de la vegetación: **Arbo**: arbórea; **arbu**: arbustiva; **Alt**: altura; **AB**: área basal; **Cob**: cobertura; **Dist**: distancias; **Abund**: abundancia; **Dom_S**: dominancia de Simpson; **H'**: Shannon-Wiener.

		Coef.	EE	t	P	R^2
Alt_Arbo	Constant	10.493	8.6116	1.2185	0.22576	
	Pendiente	0.016353	0.015977	1.0235	0.30841	0.020593
	Altitud	-0.0063925	0.0086508	-0.73895	0.46158	0.015939
AB_Arbo	Constant	-243.12	851.02	-0.28568	0.77568	
	Pendiente	-0.089535	1.5789	-0.056708	0.95489	0.00070202
	Altitud	0.37236	0.8549	0.43556	0.66405	0.0024738
Cob_Arbo	Constant	46.511	71.572	0.64985	0.51721	
	Pendiente	0.042108	0.13279	0.31711	0.75179	0.003256
	Altitud	-0.035163	0.071898	-0.48907	0.62581	0.004569
Alt_arbu	Constant	0.97102	5.7664	0.16839	0.8666	
	Pendiente	-0.027152	0.010698	-2.5379	0.012619	0.078312
	Altitud	0.0020996	0.0057927	0.36246	0.71773	0.022994
AB_arbu	Constant	751.11	1839.7	0.40829	0.68389	
	Pendiente	-3.0125	3.4131	-0.88264	0.37945	0.0068091
	Altitud	-0.5016	1.848	-0.27142	0.7866	0.00014155
Cobe_arbu	Constant	-3.2258	40.297	-0.080052	0.93635	
	Pendiente	-0.071535	0.074761	-0.95685	0.34084	0.013231
	Altitud	0.010604	0.04048	0.26196	0.79387	0.0052765
Dist	Constant	1.0039	2.004	0.50094	0.61746	
	Pendiente	-0.0052945	0.003718	-1.424	0.15741	0.03172
	Altitud	0.0011677	0.0020132	0.58002	0.56314	0.016173
Abund	Constant	40.15	21.819	1.8401	0.068578	
	Pendiente	-0.20165	0.040481	-4.9814	2.49E-06	0.19861
	Altitud	-0.018563	0.021919	-0.8469	0.39898	0.015946
Riqueza	Constant	10.333	13.214	0.782	0.43598	
	Pendiente	-0.063208	0.024515	-2.5783	0.011315	0.075754
	Altitud	0.0020576	0.013274	0.15501	0.87711	0.017465
Dom_S	Constant	0.83838	0.21045	3.9837	0.00012537	
	Pendiente	-0.0004196	0.00039044	-1.0746	0.28503	0.0025199
	Altitud	-0.000766	0.00021141	-3.6232	0.00045019	0.10362
H'	Constant	0.58784	1.5077	0.3899	0.6974	
	Pendiente	-0.0034957	0.0027971	-1.2497	0.21417	0.036932
	Altitud	0.0020122	0.0015145	1.3286	0.18686	0.038767

Es evidente que, para efectos de este estudio, la altitud no mostró relevancia; se realizó un Análisis de ocurrencia de las especies en el gradiente altitudinal por posición, desde la base hasta la Cima del cerro (Cuadro 12), en el que se detectó que hay especies exclusivas de cada sector del cerro. Fueron ocho especies exclusivas de la Cima: *Agave angustiarum*, *Bursera lancifolia* (Burseraceae), *Crescentia alata*, *Forchhammeria macrocarpa*, *Fouquieria ochoteranae*, *Opuntia atropes*, *O. pubescens* y *Pilosocereus chrysacanthus*; mientras que, en la parte media del cerro hubo cuatro especies que únicamente se registraron ahí: *Ayenia abutilifolia* (Malvaceae), *Polygala brachitropis* (Polygalaceae), *Tetramerium glutinosum* (Acanthaceae) y *Zaluzania pringlei* (Asteraceae).

En la parte baja son exclusivas: *Acaciella igualensis*, *Lonchocarpus rugosus*, *Gliricidia sepium*, *Senna racemosa*, *Vachellia farnesiana* y *Zapoteca formosa* (Fabaceae), *Boeberoides grandiflora* (Asteraceae), *Guazuma ulmifolia* y *Waltheria pringlei* (Malvaceae), *Cyrtocarpa procera* (Anacardiaceae), *Daphnopsis americana* (Thymelaeaceae), *Ficus cotinifolia* (Moraceae), *Gyrocarpus jatrophiifolius* (Hernandiaceae), *Salvia breviflora* (Lamiaceae), *Tecoma stans* (Bignoniaceae) y *Swietenia humilis* (Meliaceae).

Es interesante señalar, que sólo el 25 % de las especies presentó preferencia por algún rango altitudinal o posición topográfica, el 75 % restante se encontraron indistintamente en la base, parte media o Cima del CLC.

Cuadro 12. Análisis de ocurrencia de las especies vegetales registradas en los puntos de muestreo, en sentido altitudinal de 0 a 100 m, a partir de la base y hasta la Cima del Cerro La Cazuela, Tlaucingo, Puebla, México; se indican las secciones: baja o base, parte media y alta o Cima. En negritas se resaltan las especies que sólo se encontraron en la parte baja; en cursivas se señalan las especies que sólo se encontraron en la parte media, y subrayado se resaltan las especies que sólo se encontraron en la cima.







Especies	Baja				Media				Alta		
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
WalPr											
<u>Wimsp</u>											
<i>Zalpr</i>											
ZapFo											

8.5. Suelo, topografía y vegetación

8.5.1 Propiedades edáficas

En la mayoría de los puntos de colecta, el suelo en el CLC es muy pedregoso y de profundidad somera (<15 cm), con algunas excepciones en las zonas de menor altitud como al piedemonte del cerro.

Las propiedades físicas del suelo no presentaron variación entre la estación seca y lluviosa, y sólo en algunos casos, entre laderas.

No existieron diferencias significativas entre la textura en porcentajes de las arenas y limos de las diferentes laderas (Figs. 9a y 9b), sólo se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de arcillas, con valores más elevados en las laderas Sur (T5 y T6) y Oeste (T7 y T8) ($p < 0.05$), siendo esta última la de mayor cantidad de arcillas (Fig. 9c) y con diferencias significativas sólo respecto a la ladera Norte ($p = 0.02$). Asimismo, la ladera Oeste presentó la mayor densidad aparente, con diferencias significativas respecto al resto de las laderas y la Cima ($p < 0.0001$) (Fig. 9d).

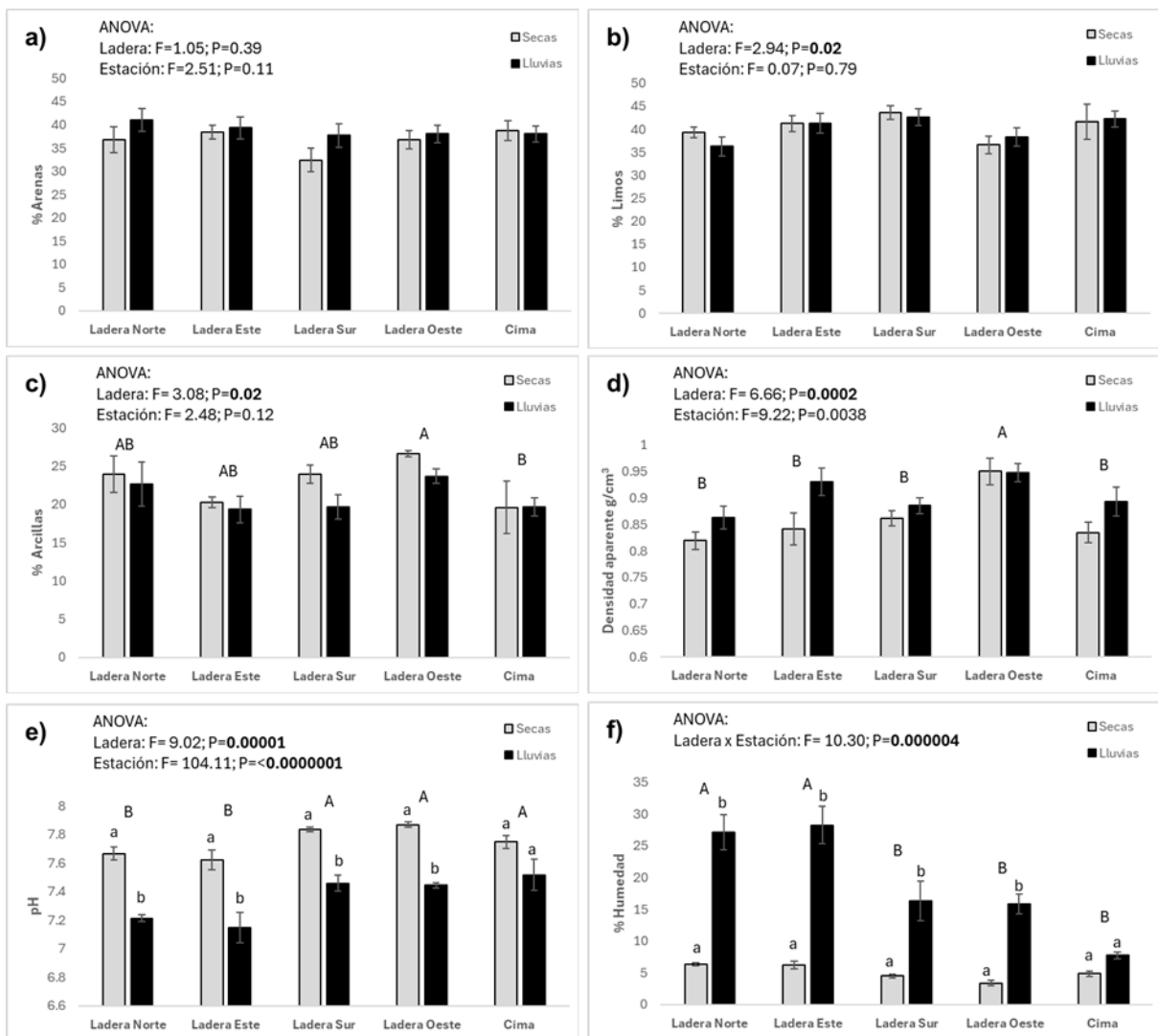


Figura 9. Gráficos de los Análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y en la Cima del CLC: **a)** Porcentaje de arena; **b)** Porcentaje de limo; **c)** Porcentaje de arcilla; **d)** Densidad aparente del suelo en g/cm³; **e)** Potencial de hidrógeno (pH) 1:2H₂O, escala 0-14; **f)** Porcentaje de humedad. Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-C) ubicadas sobre las barras, representan las comparaciones y diferencias significativas entre laderas, y las letras minúsculas (a-b) representan las diferencias significativas entre las estaciones seca y lluviosa.

Las propiedades químicas del suelo sí mostraron variación respecto al factor de estacionalidad. El pH ($p < 0.0001$) (Fig. 9e) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Fig. 12u) fueron mayores en la estación seca ($p < 0.0001$); mientras que la

humedad ($p < 0.0001$), carbonatos ($p < 0.0001$), nitratos ($p < 0.0001$), conductividad eléctrica (CE) y magnesio intercambiable (Mg-int, $p = 0.0001$) ($p = 0.003$), fueron mayores en la estación de lluvias (Figs. 9f, 10h, 11o, 11q y 12t).

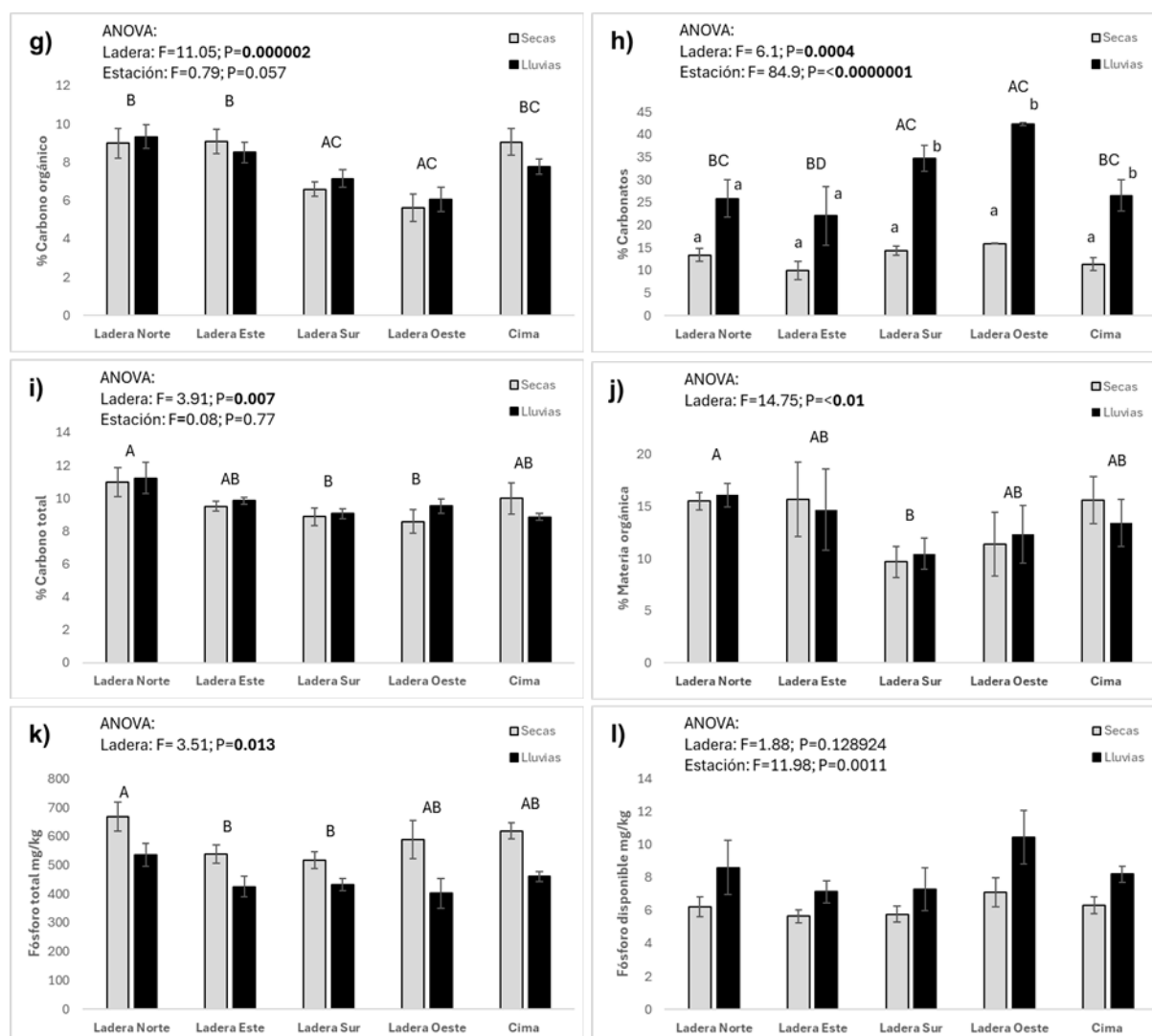


Figura 10. Gráficos del análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y la Cima del CLC: **g)** Porcentaje de carbono orgánico; **h)** Porcentaje de carbonatos (CaCO_3); **i)** Porcentaje de carbono total (Ct); **j)** Porcentaje de materia orgánica (MO); **k)** Contenido de fósforo total mg/kg (Pt); **l)** Contenido de fósforo disponible mg/kg (Pdisp.). Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-D) ubicadas sobre las barras representan las comparaciones y diferencias significativas entre laderas, y las letras minúsculas (a-b) representan las diferencias significativas entre las estaciones seca y lluviosa.

Las propiedades químicas del suelo presentaron diferencias entre laderas. En primer lugar, el pH fue más elevado en las laderas Oeste, Sur y la Cima (Fig. 9e), indicando que son más alcalinas; mientras que en las laderas Norte y Este, se determinó un pH más bajo o menos alcalino ($p = 0.00001$). La humedad ($p = 0.0004$, Fig. 9f), CO ($p = 0.000002$, Fig. 10g), Nt ($p = 0.000006$, Fig. 11m) y la CIC ($p = 0.0000001$, Fig. 12u), presentaron diferencias significativas entre las laderas Oeste y Sur respecto al resto; siendo las laderas Norte y Este, las que presentaron los valores más elevados de dichas propiedades, por lo que son las más húmedas y con más nutrientes.

En contraste, las laderas Oeste, Sur y la Cima, son menos húmedas y con menos nutrientes, evidenciando el efecto de ladera con marcadas diferencias de humedad, al registrarse unas laderas más húmedas y otras más secas donde, además, se incluye a la Cima, por ser la de menor porcentaje de humedad. El Pt fue mayor en la ladera Norte ($p = 0.013$, Fig. 10k), también, la MO; y presentaron diferencias significativas, principalmente, con la ladera Sur ($p < 0.01$) (Fig. 10j), la cual presentó, además, los valores más bajos de K-int ($p = 0.01$, Fig. 11r) y Mg-int ($p = 0.0001$, Fig. 12t), siendo más elevados en la ladera Este. La ladera Este destaca como la más húmeda, 30%; además de ser la segunda con mayor CIC y CO, y presentó diferencias significativas respecto a las laderas Oeste y Sur; sin diferencias con la ladera Norte, esta última, también posee elevada humedad y contenido de nutrientes, pero no presenta diferencias significativas en contenido de MO y CO respecto a la Cima, a pesar de que esta última es la de menor humedad.

Por último, además de ser la segunda ladera menos húmeda y poseer los suelos de mayor densidad, la ladera Oeste tuvo más carbonatos ($p < 0.0001$, Fig. 10h) y menor cantidad de Ca-int ($p < 0.0001$, Fig. 12s).

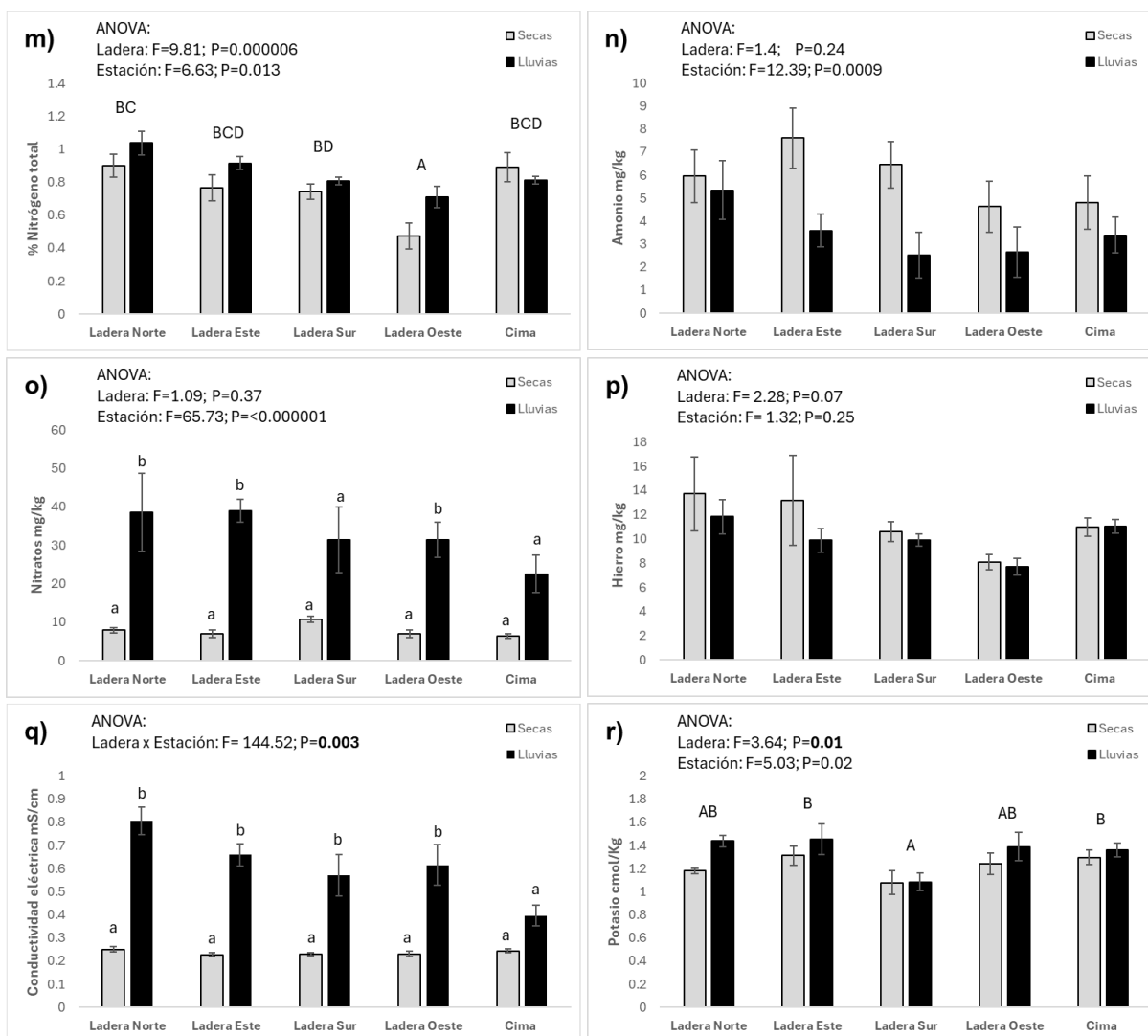


Figura 11. Análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y la Cima del CLC: **m)** Porcentaje de nitrógeno total (Nt); **n)** Contenido de amonio mg/kg (NH_4^+); **o)** Contenido de nitratos mg/kg; **p)** Concentración de hierro mg/kg (Fe); **q)** Conductividad eléctrica mS/cm (CE); **r)** Potasio intercambiable cmol/Kg (K-int), acetato de amonio 1N pH7. Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-D), ubicadas sobre las barras, representan las comparaciones y diferencias significativas entre laderas, y las letras minúsculas (a-b) representan las diferencias significativas entre estaciones seca y lluviosa.

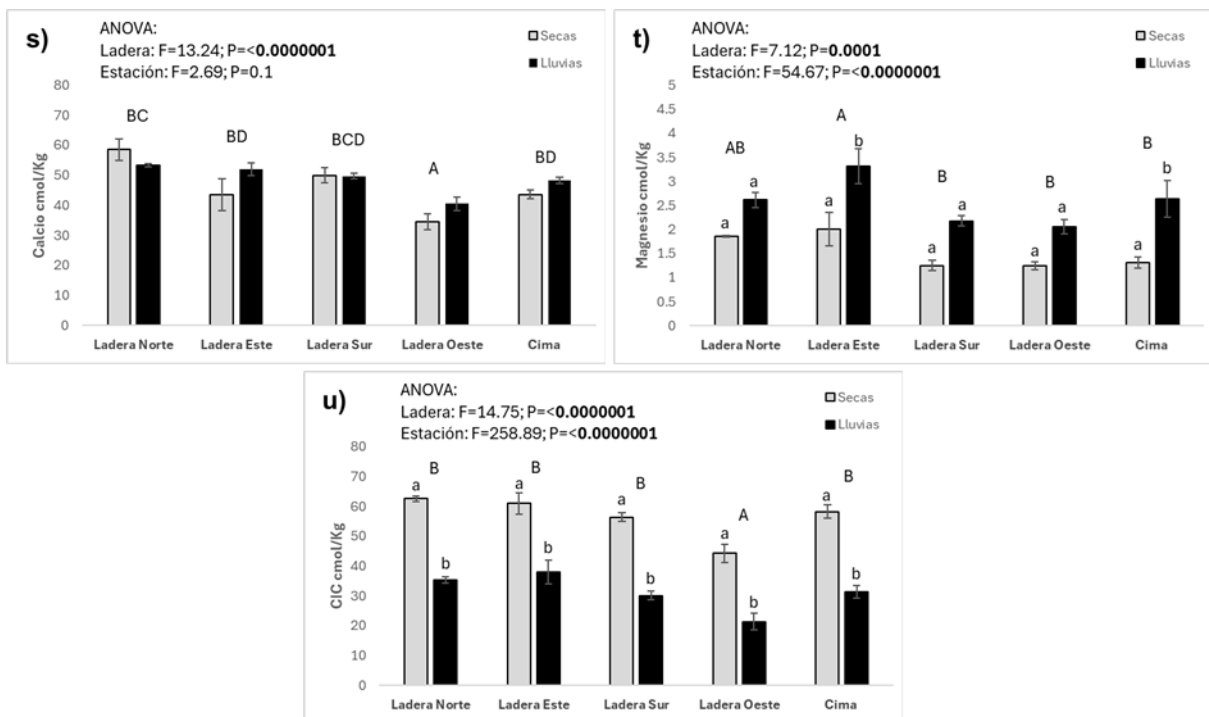


Figura 12. Análisis de varianza de las propiedades edáficas en las diferentes laderas y la Cima del CLC: **s)** Calcio intercambiable cmol/Kg (Ca-int), acetato de sodio 1N pH8.2; **t)** Magnesio intercambiable cmol/Kg (Mg-int), acetato de sodio 1N pH8.2; **u)** Capacidad de intercambio catiónico cmol/Kg (CIC). Las líneas de color negro, en las barras, representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-D), ubicadas sobre las barras, representan las diferencias encontradas entre laderas; y las letras minúsculas (a-b), representan las diferencias significativas entre las estaciones seca y lluviosa.

8.5.2. Altitud y pendiente por ladera

La altitud estuvo sujeta a los sitios de muestreo y es similar entre las laderas de los transectos, oscilando entre 900 y 1,000 msnm; mientras que, en el caso de los dos transectos de la Cima, la altitud se mantiene fija ca. 1,000 msnm, funcionando como un control sin variación altitudinal, por lo que la altitud no fue analizada estadísticamente.

En el caso de la pendiente, la Cima del cerro también funcionó como control, ya que es una amplia planicie rocosa sin cambios de altitud. En contraste, durante el

muestreo, la expedición de ascenso en las laderas permitió detectar cambios abruptos de la pendiente, debidos a la naturaleza geológica del cerro. El análisis estadístico confirma que las diferencias de la pendiente entre laderas son significativas ($p < 0.000001$). La Cima se diferencia del resto de las exposiciones y en ella no tiene efecto la pendiente; en el caso de las laderas, la ladera Norte presenta la menor pendiente ($\bar{x} = 14.4^\circ$), que las demás y es diferente de las laderas Este, Sur y Oeste. Con una mayor pendiente, le sigue la ladera Este ($\bar{X} = 21.9^\circ$), que se diferencia de la Norte, Oeste y Sur. Las laderas Sur ($\bar{X} = 31.77^\circ$) y Oeste ($\bar{X} = 33.38^\circ$), son diferentes respecto a las laderas Norte y Este, pero no presentaron diferencias significativas entre sí, destacando la ladera Oeste por presentar la pendiente más abrupta (Fig. 13).

Es importante resaltar que no sólo el efecto de ladera hace que las laderas Sur y Oeste presenten las condiciones más complejas para el desarrollo de la vegetación; en forma adicional al efecto de ladera (reciben más radiación) y a sus condiciones edáficas menos favorables, se suma la pendiente pronunciada, también desfavorable para la estructura y diversidad de la vegetación.

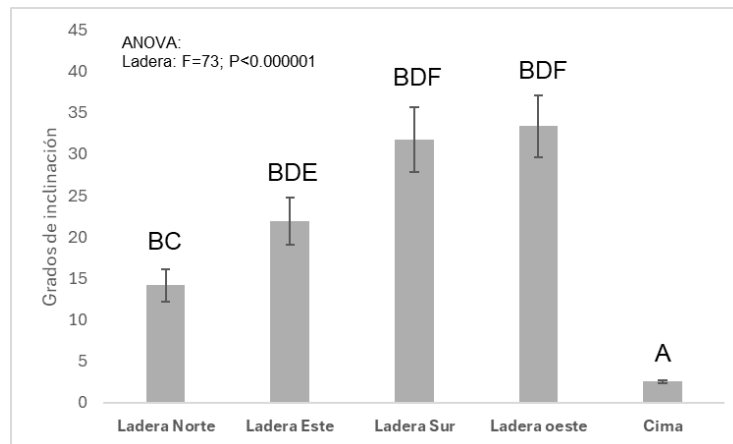


Figura 13. Análisis de varianza de la pendiente a nivel del suelo, entre laderas, medida por el ángulo de inclinación en grados decimales en escala de 0 a 90°. Las líneas de color negro en las barras representan los errores estándar; las letras mayúsculas (A-F), ubicadas sobre las barras, representan las diferencias encontradas entre las laderas.

8.5.3. Vegetación por ladera

Al realizar el análisis de los parámetros de la vegetación por laderas, fue posible encontrar diferencias significativas según la exposición. Los análisis de varianza incluyen datos de cada Cuadrante Centrado en un Punto (CCP) que se muestreó en las cuatro laderas y la Cima para comprobar si dicho efecto topográfico, también, es comprobable en el CLC.

En el caso de los parámetros estructurales, sólo se presentaron diferencias significativas en: las distancias de separación de las plantas y la altura de los arbustos (Fig. 14). Con relación a la distancia que guardan los individuos respecto al punto de muestreo, en las laderas Norte y Este, tuvieron los valores más bajos; mientras que, en las laderas Oeste, Sur y la Cima, los valores fueron más elevados, siendo la Cima la que presentó una mayor separación promedio ($\bar{X} = 2.18$ m), entre los individuos y el punto de muestreo ($p = 0.0004$).

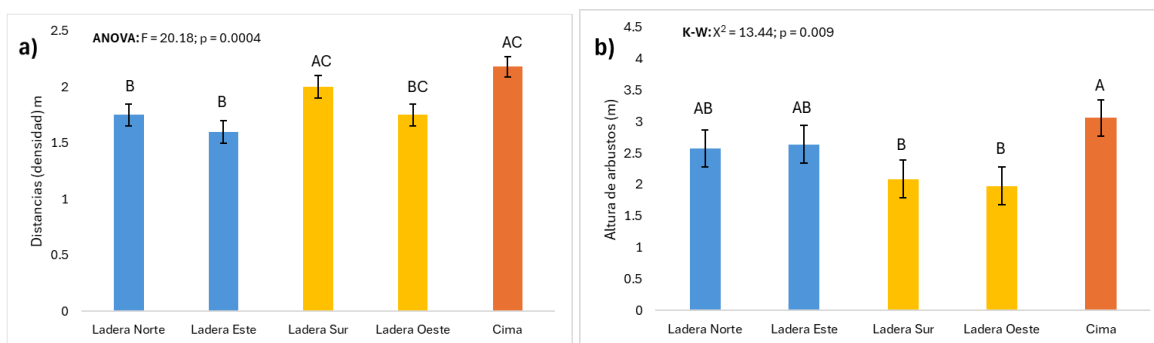


Figura 14. Análisis de varianza entre laderas, de los parámetros estructurales de la vegetación obtenidos por el método de cuadrantes centrados en un punto: **a)** Distancias promedio entre los individuos y el punto de muestreo; **b)** Altura promedio de los arbustos. Las letras A-C, representan las diferencias entre laderas obtenidas por las pruebas *post-hoc*. Las barras negras representan los errores estándar, en color azul las laderas más sombrías y húmedas (Norte y Este), en color amarillo las laderas más áridas (Este y Oeste) y en anaranjado, la Cima.

La altura de los arbustos fue menor en las laderas Sur y Oeste (Fig. 14b), y mayor en las laderas Este, Norte y la Cima, siendo esta última, donde se encontró la mayor altura promedio ($\bar{X} = 3.06$ m) de arbustos. Se presentaron diferencias significativas en dos conjuntos: Cima y laderas Norte y Este, respecto a las laderas Oeste y Sur ($p = 0.009$).

Al analizar los parámetros de vegetación resultantes del conteo de individuos en 0.1 ha, se encontraron diferencias significativas en la abundancia, la riqueza y la diversidad de Shannon-Wiener, entre laderas (Fig. 15).

La abundancia presentó diferencias significativas entre dos conjuntos de exposiciones topográficas (Fig. 15a). Los valores más altos ($\bar{X} = 20$ individuos/PC) se presentaron en las laderas Norte y Este, además en la Cima y no existe diferencia significativa entre ellas; sin embargo, las tres difieren de las laderas Oeste y Sur, donde se encontró una menor abundancia de individuos, siendo la ladera Sur la de menor promedio ($\bar{X} = 12.5$ individuos/PC).

La riqueza de especies fue mayor en las laderas Norte y Este, y en la Cima ($\bar{X} = \pm 12$ spp./PC), y menor en las laderas Oeste y Sur, siendo, también la ladera S la que presentó la menor riqueza de todas ($\bar{X} = \pm 8$ spp./PC). Asimismo, la diferencia entre ambos conjuntos es estadísticamente significativa ($p = 0.0004$): mayor riqueza en las laderas Norte, Este y la Cima, sin diferencia significativa entre ellas, pero sí respecto a las laderas Sur y Oeste (Fig. 15b).

La diversidad alfa evaluada por el índice de Shannon-Wiener, también presentó significancia ($p = 0.009$), siendo mayor, en las laderas Norte, Este y Cima; las tres con valores similares ($H' \bar{X} \pm 2.6$), la ladera Norte fue la más diversa ($H' \bar{X} = 2.65$) y las laderas Oeste y Sur fueron menos diversas ($H' \bar{X} \pm 2.3$); las diferencias entre ambos grupos fueron significativas: diversidad más elevada (Norte, Este y Cima) y menor diversidad (Oeste y Sur). Los cinco parámetros que presentaron diferencias significativas, son evidencia del efecto de ladera y, en todos los casos, los valores más bajos se presentaron en la ladera Sur y los más altos en la ladera Norte; asimismo, la Cima presentó valores altos.

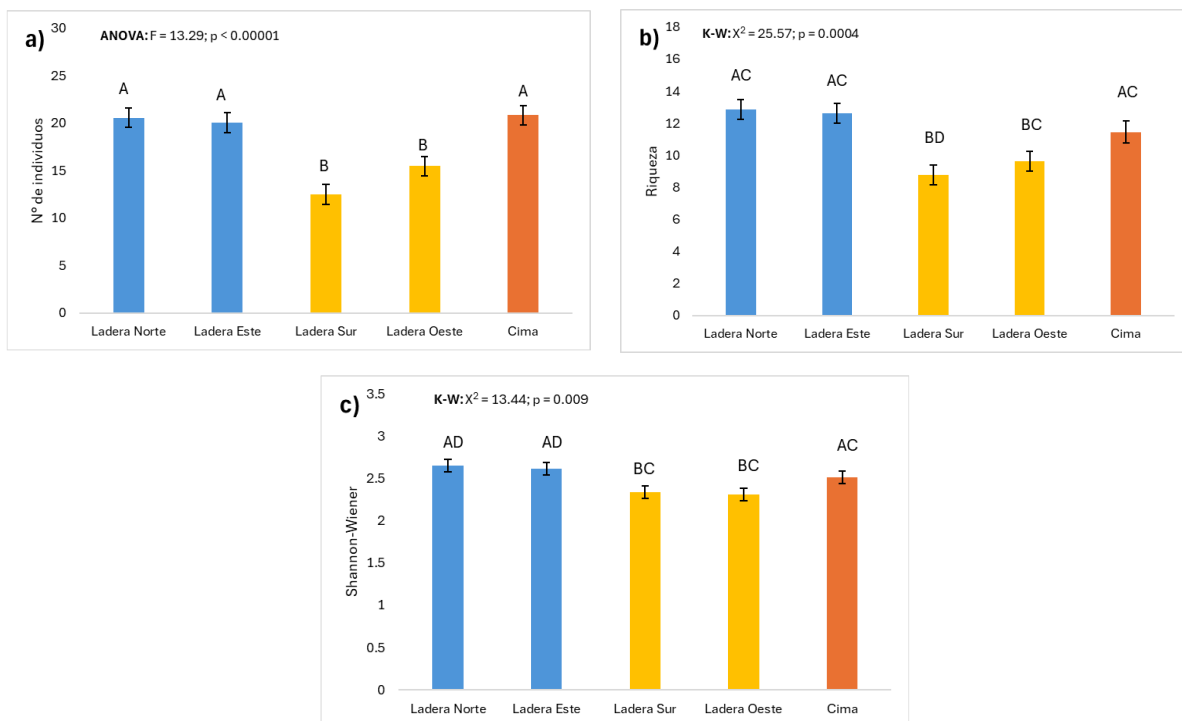


Figura 15. Análisis de varianza entre laderas, de los parámetros estructurales de la vegetación obtenidos por el censo de individuos en 0.1 ha: **a)** Abundancia promedio de árboles y arbustos; **b)** Riqueza promedio de especies del estrato arbóreo y arbustivo; **c)** Valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener. Las letras A-D, representan las diferencias entre laderas obtenidas por las pruebas *post-hoc*. Las barras negras representan los errores estándar; en color azul, las barras de las laderas más sombrías y húmedas (Norte y Este); en color amarillo las laderas más secas (Este y Oeste); y en anaranjado la Cima.

8.5.4. Relación suelo-vegetación

El análisis de correspondencia canónica (ACC), realizado con las variables del suelo y los registros de presencia/ausencia de las especies vegetales permitió identificar patrones de ordenación en los sitios, dados por sus características edáficas y florísticas, con una probabilidad significativa ($p < 0.0001$) en 1,000 permutaciones. Los ejes de ordenación explicaron un total de 36.61 % de la varianza; exponiendo un patrón de ordenación, que permite observar dos conjuntos para los cuales se utilizaron los colores azul y rojo (Fig. 16).

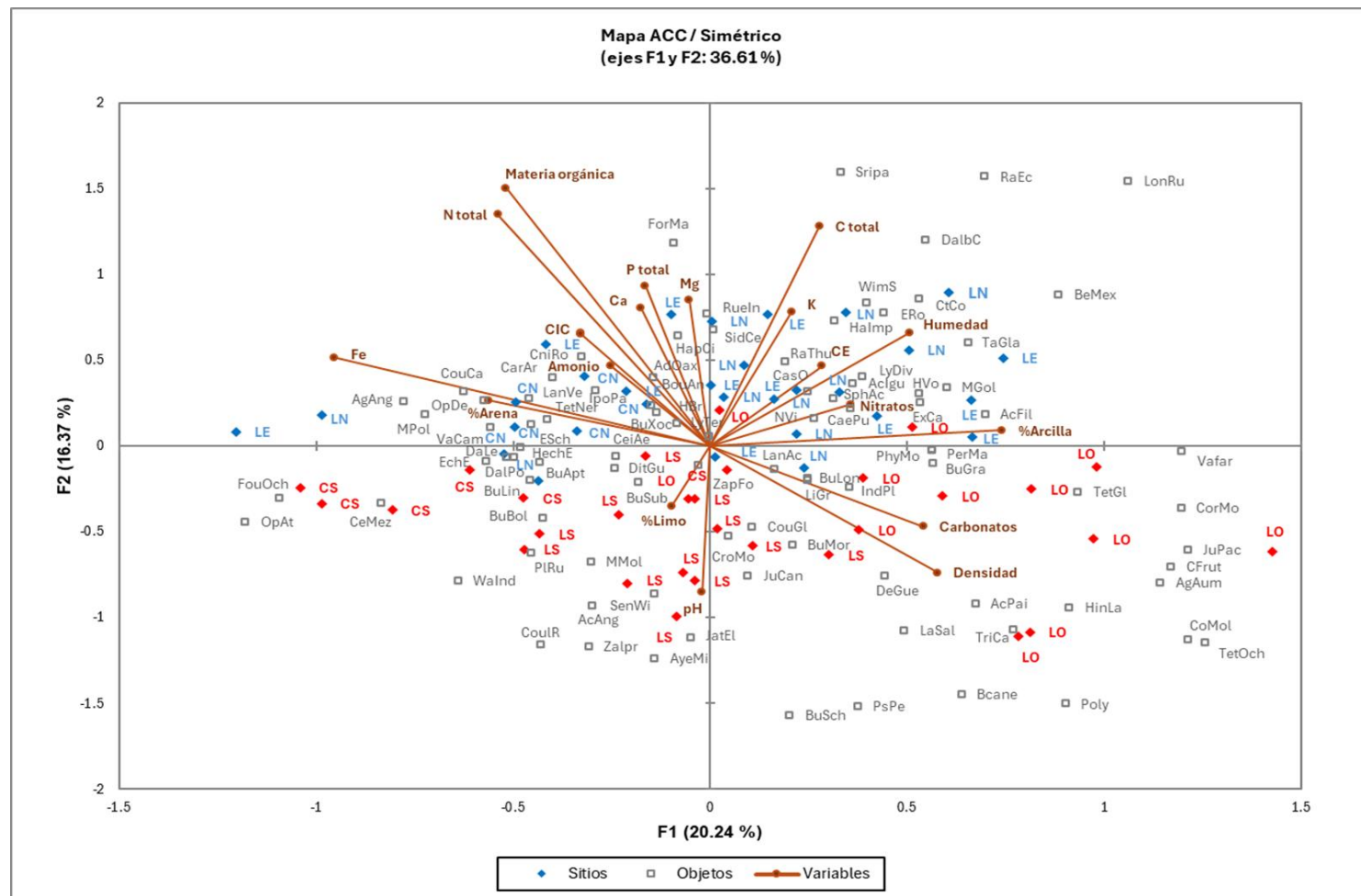


Figura 16. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables edáficas y la vegetación: muestra con cuadros y en color gris las especies vegetales (objetos), los vectores en **color marrón** representan las 19 variables edáficas cuantitativas, que se utilizaron para dicho análisis, y con rombos las unidades de muestreo (sitios). En **color azul**, los sitios con exposición Este y Norte; y en **color rojo**, los de exposición Oeste y Sur. El **Eje 1** de ordenación explica un 20.24 % de la varianza y separa, en lado izquierdo y derecho del gráfico, a los sitios: a la izquierda la mayoría de los de exposición Sur y la Cima; y a la derecha los sitios de exposición Oeste; y los sitios de Norte y Este no se separan por el Eje 1. El **Eje 2** explica un 16.37 % de la varianza y divide el gráfico en la parte superior e inferior, con una división más marcada, separando los sitios en color rojo (exposición Sur) y azul (Exposición Norte y Este). Elaborado en XLSTAT 2024.

En color azul, se representan los sitios de las laderas Norte (LN) y Este (LE), y la Cima con exposición Norte (CN); es clara la separación de la mayoría de los sitios en el cuadrante superior derecho y superior izquierdo, explicada por el Eje 2 de ordenación (16.37%), el cual está relacionado con la mayoría de los vectores de las variables edáficas, que indican valores más elevados de: humedad ($r = 0.25$), Materia orgánica (MO, $r = 0.67$), Carbono total (Ct, $r = 0.54$), Nitrógeno total (Nt, $r = 0.56$), Fósforo total (Pt, $r = 0.38$), cationes intercambiables: K ($r = 0.39$), Mg (0.37) y Ca (0.29), y CIC (0.28); y de manera negativa, con los vectores de las variables edáficas de pH ($r = -0.36$) y densidad ($r = -0.31$). Los taxones asociados a las laderas Norte y Este son: las leguminosas *Dalbergia congestiflora*, *Senegalia riparia*, *Lysiloma divaricatum*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Sphinga acatlensis*, *Mimosa goldmanii* y *Lonchocarpus rugosus*; además de *Handroanthus impetiginosus* (Bignoniaceae), *Randia thurberi* (Rubiaceae), *Sideroxylon celastrinum* (Sapotaceae), *Acalypha filipes* (Euphorbiaceae) y *Cascabela obata* (Apocynaceae), por mencionar algunos.

En color rojo, los sitios pertenecientes a las laderas Oeste (LO) y Sur (LS), y a la Cima con exposición Sur (CS), ubicados en los cuadrantes inferior derecho e inferior izquierdo con pocos vectores de las variables edáficas que los explican.

La separación que divide el gráfico en izquierda (ladera Sur y Cima) y derecha (laderas Norte y Oeste), y sin efecto en la separación de los sitios en la ladera Este, está explicada, principalmente, por el Eje 1 de ordenación (20.24 %), el cual presentó relación con pocas variables edáficas, de manera positiva con vectores de variables como: contenido de carbonatos ($r = 0.24$) y mayor porcentaje de arcilla ($r = 0.34$); de

manera negativa, se correlacionó con el porcentaje de arena ($r = -0.27$) y la concentración de hierro (Fe, $r = -0.42$).

En el cuadrante inferior derecho se ubican, principalmente, los sitios de la ladera Oeste, asociados a los vectores que indican mayor densidad y cantidad de carbonatos, y, en sentido opuesto, menor cantidad de Nt, Fe y MO, que tienen mayor relación con los taxones: acantáceas como *Tetramerium glutinosum*, *T. ochoterenae*, *Justicia pacifica* y *Dianthera candicans*; además de las asteráceas *Trixis calcicola*, *Dendroviguiera guerrerana* y *Perymenium macrocephalum*; las leguminosas *Indigofera platycarpa*, *Zapoteca formosa*, *Acaciella painteri*, *Coursetia glandulosa* y *Vachellia farnesiana*; *Lippia graveolens* (Verbenaceae), *Pseudosmodingium perniciosum* (Anacardiaceae), *Agave angustiarum* (Asparagaceae), *Bursera morelensis*, *B. grandifolia* y *B. longipes* (Burseraceae). En contraste, en el cuadrante inferior izquierdo se ubican la mayoría de los sitios de la ladera Sur, asociados únicamente al vector de porcentaje de limo; en contraste exponen baja humedad, bajo contenido de Ct y bajo porcentaje de arcilla y se les asocian los taxones: *Senna wislizeni*, *Coulteria rosalindamedinae*, *Acaciella angustissima* y *Mimosa mollis* (Fabaceae); *Plumeria rubra* (Apocynaceae), *Waltheria indica* (Malvaceae), *Bursera submoniliformis* (Burseraceae) y *Ditaxis guatemalensis* (Euphorbiaceae).

En color azul y rojo, se presentan los sitios correspondientes a la Cima; los de exposición Sur (CS) en color rojo y los de exposición Norte (CN) en color azul. Todos se encuentran hacia el lado izquierdo del gráfico por el Eje 1 de ordenación, pero separados entre Cima-norte y Cima-sur por el Eje 2 de ordenación.

En el cuadrante inferior izquierdo, junto a algunos sitios de las laderas Sur y Oeste, con afinidad por ser menos húmedos y con menos nutrientes, se ubican sitios de la Cima con exposición Sur (CS), únicamente asociados con el vector del porcentaje de limo, que se correlaciona débil y negativamente con el Eje 1 de ordenación ($r = -0.11$) que, además por su lejanía con el vector de humedad, serían los sitios con mayor aridez y asociados a los taxones: *Fouquieria ochoteranae* (Fouquieriaceae), *Hechtia espejoana* (Bromeliaceae), *Echinopterys eglandulosa* (Malpighiaceae), *Dalea leptostachya* (Fabaceae), *Bursera aptera*, *B. linanoe* y *B. bolivarii* (Burseraceae), y las cactáceas *Opuntia atropes* y *Cephalocereus mezcalaensis*.

En el cuadrante superior derecho y mezclados con algunos sitios correspondientes a las laderas Este y Norte, se ubican el resto de sitios correspondientes a la Cima con exposición Norte (CN), relacionados con los vectores de Fe, porcentaje de arena y contenido de amonio (NH_4^+), con las especies: *Agave angustifolia* (Asparagaceae), *Lantana velutina* (Verbenaceae), *Euphorbia schlechtendalii* y *Cnidoscolus rostratus* (Euphorbiaceae), *Opuntia decumbens* (Cactaceae), *Ceiba aesculifolia* (Malvaceae), *Ipomoea pauciflora* (Convolvulaceae), *B. xochipalensis* (Burseraceae), *Tetramerium nervosum* (Acanthaceae) y las leguminosas *Mimosa polyantha*, *Vachellia campechiana* y *Coursetia caribaea*.

La separación entre laderas, agrupando Norte, Este y Cima-Norte, en la parte superior del gráfico en color azul y agrupando Sur, Oeste y Cima-Sur en la parte inferior del gráfico en color rojo, por el Eje 2 de ordenación y asociado con la mayoría de las variables edáficas, evidencia el efecto de la exposición de ladera. Además, el Eje 1 de

ordenación separó a los conjuntos de laderas antes mencionados, posicionando hacia el lado izquierdo del gráfico, a todos los sitios de la Cima y, en su mayoría, a los de la ladera Sur; adicionalmente, ubicó hacia el lado derecho del gráfico a los sitios de las laderas Oeste y Norte.

9. DISCUSIÓN

9.1. Composición florística, estructura y diversidad

La composición florística presente en el CLC representa el 1% de las angiospermas reportadas para México por Villaseñor (2016), tan solo en el 0.00001% del territorio nacional, que abarca el área de estudio. Además, las especies colectadas en el CLC constituyen el 3.97% de las plantas vasculares registradas para el estado de Puebla por Rodríguez-Acosta et al. (2014).

Los géneros más diversos coinciden con algunos de los ya reportados por Rzedowski y Calderón-de Rzedowski (2013) y que se distribuyen de manera exclusiva o preferencial en las SBC de México; por ejemplo, los que más destacan en el CLC son: *Bursera* (Burseraceae), *Opuntia* (Cactaceae), *Mimosa*, *Senna* y *Leucaena* (Fabaceae) y *Ayenia* (Malvaceae).

Cabe mencionar que otros géneros importantes, reportados en estudios florísticos con más de una década de antigüedad, han sufrido cambios taxonómicos y nomenclaturales como es el caso del género *Acacia* (Fabaceae), del cual se han segregado varios géneros, cuatro de ellos presentes en el CLC: *Acaciella* (3), *Vachellia*

(3), *Senegalia* (2) y *Mariosousa* (2) (Seigler y Ebinger, 2005; Seigler et al., 2006; Duno de Stefano y Cetzal-Ix, 2019).

En el caso de las familias representadas en el CLC, la de mayor riqueza genérica y específica fue Fabaceae (22.4 %) que, de igual manera, ha sido reportada por otros autores como la familia más diversa en el estado de Puebla: Guízar-Nolazco et al. (2010), Rojas-Martínez y Flores-Olvera (2018), Martínez-Bernal et al. (2021) y García-Fragoso et al. (2021); en la Depresión del Balsas, en el estado de Morelos: Sánchez-Hernández et al. (2018), Cerros-Tlatilpa et al. (2020) y Flores-Franco et al. (2024); en el estado de Guerrero: Martínez-Gordillo et al. (1997), Ávila et al. (2010) y Valencia-Ávalos et al. (2011); y en el estado de Michoacán: Méndez-Toribio et al. (2014), Steinman (2021) y Valentín-Martínez et al. (2024). Además, Trejo (1998) la señala como la familia más numerosa en las SBC mexicanas, especialmente, en la vertiente del Pacífico Mexicano (Lott, 1985; Barranco-León, 2008; Lott y Atkinson, 2010; Carreto-Pérez et al., 2015; Guillermo-Sandoval et al., 2021; Ángeles-García et al., 2022), en la Península de Baja California (León de la Luz et al., 2012), en la vertiente del Golfo de México (Castillo-Campos et al., 2007) y en la Península de Yucatán (Zamora-Crescencio et al., 2011; Dzib-Castillo et al., 2014). También ha sido reconocida como familia dominante en las SBC neotropicales (Gentry, 1995; Hasnat, 2021).

De acuerdo con Sousa (2010), las SBC son centros de diversificación de varios taxones de leguminosas, por ejemplo, *Lonchocarpus* que es el género arbóreo más diverso o el caso de *Heteroflorum*, endémico de las SBC occidentales de México.

Igualmente, en el CLC, las Fabaceae destacan como la familia con mayor número de especies endémicas con 15 especies, resaltando entre éstas el género *Mimosa* con cuatro especies endémicas, de las seis que se encuentran en el CLC. Particularmente para *Mimosa*, Grether et al. (1996) han reconocido la alta diversidad y su alto endemismo, en diferentes ecosistemas de México, incluidas las SBC.

Otra familia que destacó en este estudio fue Asteraceae (9.8 %), a pesar de que no presentó una riqueza elevada, debido a la inclusión de especies leñosas únicamente cuando la mayoría son de hábito herbáceo. Rojas-Martínez y Flores-Olvera (2020), en un estudio florístico de las plantas vasculares de la Sierra El Pelado, Acatlán de Osorio, Puebla, destacan la posición de Asteraceae como segunda familia más importante; de las 32 especies que reportan, el 50 % son hierbas, mientras que, en este estudio, esta familia destacó por sus especies leñosas (arbóreas y arbustivas). Por otra parte, Redonda-Martínez et al. (2021) mencionan que las Asteráceas son, principalmente, herbáceas; en México es la familia más diversa de plantas y ocurren en diferentes tipos de vegetación; además, señalan que, debido a la dificultad en el proceso de identificación, han sido subestimadas en estudios florísticos.

La familia Malvaceae ha sido mayormente reconocida por su presencia estructural y no tanto por su riqueza (Lott y Atkinson, 2010); en este estudio, fue la tercera familia más diversa (6.07 %); sin embargo, es importante señalar que, en la clasificación APG IV (2016), esta familia incorpora a varios géneros como *Ayenia* L., *Triumfetta* Plum. ex L., *Guazuma* Mill. y *Waltheria* L., que anteriormente se clasificaban en la familia Sterculiaceae; así como *Ceiba* Mill. y *Pseudobombax* Dugand de

Bombacaceae; además de las Malvaceae *sensu stricto*, con los géneros *Hibiscus* L. y *Pavonia* Cav., presentes en el sitio de estudio.

En el caso de la familia Cactaceae, fue la cuarta más abundante (5.1 %), ha sido reconocida por varios autores en las SBC de México; por ejemplo, Trejo (2005) menciona su importancia como parte de los elementos enriquecedores de la fisonomía de las SBC, especialmente, en sitios con condiciones de mayor aridez.

En el quinto lugar de mayor diversidad en el CLC coinciden las familias Acanthaceae y Burseraceae, ambas con 10 especies, aunque la primera con mayor diversidad de géneros (5), incluyendo a *Tetramerium* como uno de los más diversos en el CLC con cuatro especies, lo que es sustentado por Daniel (2024), quien reconoce que en las SBC de la Depresión del Balsas están presentes el 42 % de las 33 especies de dicho género y México como el país de mayor diversidad y endemismo con 26 de las 33 especies presentes en América.

La predominancia de la familia Burseraceae también es reportada en la mayoría de las SBC mexicanas, especialmente, de aquéllas ubicadas en la vertiente del Pacífico y en la Depresión del Balsas, esta última considerada como el centro de endemismo y diversificación de la familia (De-Nova et al., 2012), además, son las plantas Neotropicales más relacionadas con estas SBC, inclusive como referencia en el registro fósil del origen y expansión de dicha vegetación (Becerra, 2005).

La familia Euphorbiaceae (4 %), con nueve géneros y nueve especies, es la séptima familia con mayor riqueza en el CLC; usualmente destaca en otras SBC,

debido a la presencia del género *Euphorbia*, que es el segundo género más diverso de México; sin embargo, se trata principalmente de hierbas, por lo que, para este estudio, no fueron consideradas; aunque, la única especie de dicho género en el CLC fue la especie arbórea *Euphorbia schlechtendalii*, presente en todos los transectos, con un IVI = 16.12 %, en el T10, donde fue la especie más importante. Su alto IVI, también ha sido reportado en otros estudios en Puebla (Martínez-Bernal et al., 2021), Oaxaca, (Gallardo-Cruz, 2005) y Michoacán (Martínez-Cruz et al., 2013).

Las especies del género *Bursera* fueron las más relevantes por su IVI en varios transectos (T1, T2, T6, T7); además de estar presentes, en mayor o menor frecuencia, en todos los transectos. Su presencia en las SBC de la Depresión del Balsas es reconocida, pues se sabe que forma asociaciones fisonómicamente distinguibles por los troncos con cortezas exfoliantes de color rojo y amarillo, denominadas cuajiotales (Miranda, 1943). Por su parte, Ávila et al. (2010), en el Cañón del Zopilote, Guerrero, y Martínez-Bernal et al. (2021), en el Valle de Tehuacán, Puebla, reportaron a *Bursera aptera* y *B. morelensis* como las especies con mayor valor de importancia, también estuvieron presentes en el CLC; *B. aptera* con un valor medio de IVI <10 %, pero presente en todos los transectos, y *B. morelensis* con un IVI <10 %, en T2, T5, T6, T7 y T10, y como la segunda especie más importante por su IVI = 11.58 %, en el T8. En el T6, sobresale *B. linanoe* (IVI de 13.5 %), con una abundancia absoluta de 254 ind/ha, siendo una especie endémica de México, en situación vulnerable debido a su sobreexplotación con el fin de elaborar esencias y artesanías que han impactado severamente a sus poblaciones, y con relevancia ecológica en la estructura horizontal,

en la Cañada Oaxaqueña, y en la Cuenca del Balsas, en Guerrero y Morelos (Cruz-Larios et al., 2022). Asimismo, este trabajo en el CLC es el primer reporte de su estatus ecológico en una localidad de Puebla.

Por otra parte, *Lysiloma divaricatum* fue la especie de árbol más frecuente, al presentarse en todos los transectos; cabe señalar que su alta frecuencia en las comunidades vegetales ha sido también reportada por Trejo (2005), señalándola como una de las especies más comúnmente distribuidas en las SBC de México.

La presencia de especies como *Caesalpinia pulcherrima*, *Vachellia farnesiana*, *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia*, principalmente, en zonas de menor altitud, como en el pie de monte, coincide con lo mencionado por Guízar-Nolazco (1995), quien reconoce a dichas especies como indicadoras de regeneración secundaria por perturbación, por ser especies pioneras como colonizadoras de regiones que han sido deforestadas, lo cual coincide con la mayor cercanía de dichas especies con los asentamientos humanos del poblado de Tlaucingo; además, Suriano-Solano (2023) señala que los pobladores suelen explorar las regiones más accesibles, como el pie de monte, para recolectar leña.

Otra especie relevante por su presencia en todos los transectos y por ser la tercera con mayor abundancia de individuos, fue *Hechtia espejoana*, que es una especie endémica restringida, hasta el momento, sólo se ha reportado en las regiones cercanas a su localidad tipo, la cual se ubica en los límites entre los municipios de Teotlalco y Jolalpan (Hernández-Cárdenas et al., 2022), destacando la importancia de la cubierta vegetal del CLC como refugio de dicha especie.

De igual manera, otro taxón importante por su abundancia en la SBC del CLC fue *Cephalocereus mezcalaensis*, lo que coincide con lo reportado por Ávila et al. (2010), en el Cañón del Zopilote, Guerrero, donde esta especie es de las más representativas.

9.2. Topografía-Vegetación

El gradiente altitudinal en el CLC fue muy corto, <100 m de elevación entre inicio y fin de los transectos, por lo que las correlaciones mostraron baja significancia, y en el caso de presentar una probabilidad significativa, la correlación era muy baja y el coeficiente de la regresión aún más bajo, como fue el caso de la altura de los arbustos, que va aumentando conforme aumenta la altitud; así como las distancias entre plantas y el punto de muestreo, que sugieren que conforme aumenta la altitud, las plantas están más dispersas y a menor altitud más aglomeradas. En el CLC, la mayoría de los parámetros estructurales no cambiaron respecto a la altitud, lo que es consistente con lo reportado por Gallardo-Cruz et al. (2009), en una SBC de Oaxaca, al no encontrar respuesta de los parámetros estructurales, respecto a la altitud, con excepción de la cobertura.

En el caso de la diversidad, únicamente la dominancia presentó significancia respecto a la altitud, pero con una correlación negativa baja, lo que sugiere que, al aumentar la altitud, la dominancia (D) disminuye. Por ejemplo, se ha reportado que las posiciones en altitudes bajas ofrecen condiciones más favorables que son aprovechadas por ciertas especies vegetales para aumentar su dominancia; mientras que las posiciones en elevaciones mayores se consideran desfavorables, por lo que

habrá más rareza de plantas adaptadas a estas últimas condiciones, lo cual disminuye la dominancia de las especies (Li et al., 2023).

En este caso, fue posible identificar el efecto de la altitud sobre la vegetación, ya que se han reportado correlaciones, pero considerando gradientes altitudinales más amplios (>500 m), en diferentes regiones del mundo, en diferentes tipos de vegetación, latitud, altitud, geología y topografía, donde ha sido posible identificar los cambios en la vegetación de manera continua o bien, establecer pisos altitudinales con amplias distancias de separación, que permiten reconocer cambios discretos en las variables bióticas y abióticas (Fischer et al., 2011). Lieberman et al. (1985) llevaron a cabo un estudio en un bosque húmedo, en Costa Rica, en el que se tuvo un gradiente corto, entre 32 y 72 msnm, en el cual se reconoció el efecto negativo de la altitud sobre la abundancia y la riqueza de especies, analizando que, en sitios con poca elevación como pequeñas montañas o pie de monte de grandes formaciones, las posiciones altas tienen características desfavorables, debido a la escorrentía del agua y translocación del suelo a tierras bajas. Aunado a lo anterior, Valois-Cuesta et al. (2016), reportan que, a nivel de la composición florística suelen presentarse marcadas diferencias, debidas a la presencia de especies exclusivas por preferencia de ciertas regiones o remplazo de especies a diferente elevación.

En el CLC, la posición más alta cercana a la Cima, se distinguió por un conjunto de especies exclusivas con características xerófilas como *Agave angustiarum* (Asparagaceae), *Bursera lancifolia* (Burseraceae), *Fouquieria ochoteranae* (Fouquieriaceae), y las cactáceas *Opuntia atropes*, *O. pubescens* y *Pilosocereus*

chrysacanthus, lo que podría relacionarse con que la Cima presentó menor porcentaje de humedad en el suelo, menor cantidad de nitrógeno y menor CIC, lo que coincide con lo que otros autores consideran como efecto de posición topográfica, en el que los sitios más cercanos a la Cima reciben mayor radiación y tienen menor contenido de agua disponible, debido, a la translocación de agua y nutrientes, principalmente por su ubicación en la parte más alta, independientemente de la altitud (Galicia et al., 1999; Méndez-Toribio et al., 2017), y que suelen presentar reducción en algunas propiedades edáficas, debido a la escorrentía y la erosión (Moeslund et al., 2013); esto contrasta con lo que sucede en la base, que es beneficiada por dichos efectos ambientales, llegando a presentar una mayor densidad vegetal al recibir la reubicación del suelo por la escorrentía (Méndez-Toribio et al., 2016).

En la parte baja, además de otras especies, se registraron de manera exclusiva: *Boeberoides grandiflora* (Asteraceae), *Guazuma ulmifolia* y *Waltheria pringlei* (Malvaceae), *Cyrtocarpa procera* (Anacardiaceae), *Gyrocarpus jatrophiifolius* (Hernandiaceae), *Salvia breviflora* (Lamiaceae), *Tecoma stans* (Bignoniaceae), las leguminosas *Acaciella igualensis*, *Gliricidia sepium*, *Senna racemosa*, *Zapoteca formosa*, *Vachellia farnesiana* y *Lonchocarpus rugosus*, *Daphnopsis americana* (Thymelaeaceae), *Ficus cotinifolia* (Moraceae) y *Swietenia humilis* (Meliaceae), destacando que estas cuatro últimas tienen preferencia por sitios de mayor humedad; también han sido reportadas en los bosques de galería y subcaducifolios (Rzedowski, 1978), lo que podría deberse a que, en la posición topográfica baja de los cerros, la radiación solar es menor, zonas que Miranda (1942) denominó como regiones de

umbrófilas y, por lo tanto, con menor temperatura y mayor humedad; adicionalmente, la topografía conduce algunos flujos de agua hacia el fondo de las cañadas y, al mismo tiempo, transloca suelo y sus nutrientes (Moeslund et al., 2013). Asimismo, Breceda (1994) reconoce que, en el fondo de las cañadas con SBC, se presenta un tipo de vegetación distinto (subcaducifolio) debido a la presencia de agua intermitente o permanente. Cabe señalar que, en las posiciones topográficas bajas, suelen presentar especies indicadoras, debido a su accesibilidad para las actividades humanas (Liang, et al., 2024), nuevamente se menciona la presencia de *Gliricidia sepium*, *Vachellia farnesiana* y *Guazuma ulmifolia*, que son especies asociadas a disturbio (Guízar-Nolazco, 1995).

Por otra parte, la pendiente tuvo mayor correlación con los parámetros de la vegetación que la altitud, especialmente, fue una relación negativa. Al considerar los parámetros estructurales, obtenidos por el método CCP, sólo los arbustos presentaron significancia en su correlación, a pesar de ser coeficientes de correlación bajos ($r = \pm 0.2$), tuvieron significancia de la probabilidad ($\alpha \leq 0.05$); cabe mencionar que ésta se alcanza cuando la “n” de la muestra es elevada; sin embargo, el análisis de regresión expone muy bajos coeficientes de determinación, lo que indica que es muy baja la proporción de variación de los parámetros estructurales, que se puede atribuir únicamente a la pendiente (Roy-García et al., 2019).

Con relación a los parámetros de la vegetación por el censo de individuos en 0.1 ha, respecto a la pendiente, se obtuvieron, también, correlaciones negativas: baja con la riqueza y correlación negativa intermedia respecto a la abundancia de

individuos; lo que es consistente con lo reportado por Zhang et al. (2024), quienes también, se han enfocado en conocer el efecto de la pendiente sobre la vegetación, encontrando un efecto negativo, en el que a mayor pendiente, la riqueza y abundancia vegetal disminuyen.

9.3. Efecto de ladera

Con relación al efecto de ladera, la abundancia de individuos, la riqueza y la diversidad de Shannon-Wiener fueron mayores en las laderas Norte y Este, y menores en las laderas Sur y Oeste; de manera particular, el contraste entre las laderas Norte y Sur ha sido más estudiado, denominado como “efecto de exposición de ladera”, debido a que en el hemisferio Norte, las laderas con exposición al Sur (que miran hacia el Ecuador geográfico) son menos húmedas y reciben más radiación, por lo cual presentan menor densidad de individuos; en contraste, las laderas con exposición Norte (que miran hacia el Polo Norte), que reciben menor radiación, son más húmedas y, por lo tanto, tienen más individuos (Singh, 2018); no obstante, este efecto es mucho más marcado en lugares más cercanos al Polo Norte (Olivero y Hix, 1998; Tyagi et al., 2023). De manera similar, pero a la inversa, ocurre en el hemisferio Sur, donde la ladera orientada al Ecuador es la ladera Norte, que recibe más radiación, es menos húmeda y con vegetación menos densa y la orientada hacia el Polo Sur (ladera Sur) es más sombría (Armesto y Martínez, 1978; Badano et al., 2005). Además, algunos autores (e.g. Valverde, 2002; Yusanto, 2018; Yang et al., 2020) han coincidido con resultados correspondientes al efecto de ladera en los trópicos del hemisferio Norte y, especialmente, también ha sido reportado en las selvas estacionalmente secas de

México (e.g. Galicia et al., 1999; Gallardo-Cruz et al., 2009), donde, de manera excepcional, en un bosque tropical caducifolio, en Tziritzícuaró, Depresión del Balsas, Michoacán, Méndez-Toribio et al. (2016) encontraron que las laderas con exposición Sur presentaron una mayor diversidad, abundancia y tamaño de las plantas, en comparación con las otras laderas, concluyendo que pudo haberse tratado, solamente, de un efecto a nivel local y bajo ciertas circunstancias específicas de dicho sitio.

Asimismo, en el CLC, se observó un agrupamiento por similitud florística, características estructurales de la vegetación similares y características edáficas similares, entre las laderas Norte y Este, lo que sugiere que las laderas orientadas hacia el Este, también presentan condiciones más favorables para el desarrollo de la vegetación, ya que, en general, reciben menor radiación, presentaron significativamente una pendiente menos pronunciada, mayor humedad, más CO y Ct, y un pH más bajo. Además, el ACC relaciona a estas laderas, Norte y Este, con un mayor contenido de MO, cationes intercambiables, Pt, Nt, nitratos y amonio en comparación con las laderas Sur y Oeste, por lo que, en dichas laderas, hay mejores condiciones para el desarrollo de las plantas; esto coincide con el efecto de ladera, que ha sido reportado por otros autores, en cuanto a las propiedades edáficas. Por ejemplo, Méndez-Toribio et al. (2017) reconocen la actividad fisiológica vegetal más eficiente en las laderas con mayor humedad; Yang et al. (2020) mencionan que las diferencias podrían deberse a una mayor actividad microbiana, que mejora la productividad en el suelo y, por consiguiente, se observan mejoras en los parámetros de la vegetación. No obstante, Singh (2018) reconoce que, en lugares de baja latitud,

el efecto de ladera ha mostrado ser bajo en los parámetros estructurales de la vegetación y que aún son pocos los estudios que permiten comprobarlo.

Otra tendencia identificada en este trabajo es el hecho de que las laderas Este y Oeste, también son contrastantes. La ladera Este se relaciona más con la ladera Norte, con base en su composición florística, propiedades edáficas, riqueza y diversidad mayor, en comparación con la ladera Oeste, que se relacionó con la ladera Sur, en cuanto a sus características edáficas, sus valores de riqueza y diversidad; aunque no presentaron similitud florística. Además, destaca que ambas laderas (Este y Oeste), fueron las que presentaron una mayor pendiente, lo que puede estar relacionado a que presentaron una menor abundancia de individuos. No obstante, Singh (2018) y Xie et al. (2022) mencionan que, también existe un efecto de ladera entre laderas con exposición Este y exposición Oeste, donde se reconoce que las laderas Este reciben radiación al amanecer posterior a las noches frescas, y se vuelven sombrías en el transcurso del día hacia el atardecer; mientras que las laderas Oeste, reciben radiación por las tardes, cuando la temperatura ya ha incrementado y se siguen calentando hasta que se oculta el Sol.

En el caso de la Cima, se presentó una alta diversidad, riqueza y abundancia vegetal; asimismo, sus condiciones edáficas fueron de un contenido mayor de MO, elevada CIC, y alto contenido de Nt y Pt, a pesar de que la humedad fue más baja. La pendiente en la Cima no presentó cambios, debido a que se mantuvo constante y cercana a los 0°. Sin embargo, se encontraron arbustos con una altura promedio más alta y plantas más dispersas, lo que está relacionado con una menor densidad de

individuos; además, hubo especies exclusivas, con adaptaciones a la aridez, como las cactáceas y las rosetófilas, lo cual indica que la Cima presenta condiciones que favorecen el desarrollo de una SBC, con menor densidad vegetal, con un estrato arbustivo más alto, especialmente, en la Cima-Sur, tendiendo a una apariencia de matorral y a la abundancia de elementos xéricos.

Por lo tanto, el CLC presenta una abundante y diversa cobertura forestal, bajo condiciones edáficas heterogéneas y bajo el efecto de ladera. Actualmente, se encuentra amenazado por las diversas actividades socio-económicas que se presentan en la región, por lo que es importante establecer mecanismos que coadyuven a su conservación.

10. CONCLUSIONES

Este es el primer estudio florístico y ecológico que se ha llevado a cabo en el CLC. Con relación a la composición florística de los estratos arbóreo y arbustivo, ésta supera la riqueza esperada estadísticamente, debido a las colectas complementarias al ejercicio de muestreo. Las preguntas de investigación fueron respondidas y los objetivos específicos logrados. La vegetación es típica de una SBC de la vertiente del Pacífico Mexicano, con características estructurales de las regiones con más aridez, como un estrato arbóreo bajo, estrato arbustivo mayormente alto y el enriquecimiento de elementos adaptados a las condiciones áridas como cactáceas y rosetófilas, presentando típicamente a las leguminosas como la familia de mayor aporte estructural

y florístico, a la par con la familia Burseraceae. Esta SBC del centro de México, tiene más elementos vegetales destacados en común con la vegetación del Cañón del Zopilote, Guerrero. El CLC presentó una diversidad alfa elevada, baja dominancia y, además, similitud florística entre laderas intermedia a baja, pero si agrupando a las unidades de muestreo por laderas por similitud florística, lo cual confirma la primera hipótesis y que además se refuerza al presentar también diferencias entre las propiedades edáficas de los sitios con diferente posición topográfica y exposición en el CLC.

La pendiente confirma la hipótesis tres, planteada sobre una relación negativa con la vegetación, lo que resalta la importancia de este estudio para comprender el efecto de la pendiente sobre la vegetación en las SBC, reiterando que dichos estudios son muy escasos.

Se cumplió la hipótesis dos, planteada respecto al efecto de ladera: siendo más notorio en las laderas Norte y Sur; mientras que, en forma adicional, se presentó un efecto de ladera entre las laderas Este y Oeste. Las laderas Norte y Este fueron las más húmedas, con una mayor densidad de vegetación y mejores condiciones edáficas; mientras que en las laderas Sur y Oeste ocurrió lo contrario, presentaron una menor humedad, menor densidad de vegetación y condiciones edáficas menos favorables. Asimismo, las laderas Oeste y Sur tuvieron pendiente más abrupta, lo cual se suma al efecto de la exposición, resultando en condiciones ambientales más extremas.

Los análisis permitieron reconocer que la altitud, en su cambio gradual de manera continua, no expuso efecto sobre la vegetación, por lo tanto, se rechaza

parcialmente la hipótesis tres, del efecto altitudinal sobre la estructura de la vegetación, aunque en sentido altitudinal, diferenciando tres posiciones topográficas discretas (alta, media y baja), que se denominan efecto de la posición topográfica, permite reconocer cambios en la composición florística.

La variación en la vegetación del CLC se debió a la suma de factores topográficos y edáficos, que influyen en su desarrollo y, a su vez, a la retroalimentación que proporciona la misma vegetación a los procesos edáficos, lo que conlleva al mantenimiento y conservación de ambos recursos, vegetación y características edáficas del sitio estudiado.

11. PERSPECTIVAS

Siendo éste el primer estudio florístico y ecológico que se ha llevado a cabo en el CLC, quedan muchas preguntas, todavía por responder. Por ejemplo, sería importante considerar unidades discretas de la vegetación y relacionarlas con las características funcionales y fisiológicas de las plantas (*e.g.* policaulescencia, evapotranspiración, tropismos, anatomía, etapas de desarrollo, polinizadores, resistencia a la herbivoría, entre otras), propiedades edáficas (*e.g.* profundidad del suelo, capacidad de retención de humedad y pedregosidad); así como con los microorganismos del suelo presentes (*e.g.* hongos micorrizógenos arbusculares, microartrópodos y biocostras), y su distribución a lo largo de las diferentes posiciones

topográficas; para que, de manera integral, se pueda entender el funcionamiento de ecosistemas con selvas bajas caducifolias.

De igual manera, es relevante llevar a cabo estudios florísticos y ecológicos, que proporcionen información relacionada con las similitudes y diferencias entre el CLC, la Sierra de Huautla y la Depresión del Balsas, ya que forman parte de la misma Provincia Fitogeográfica: Depresión del Balsas. Finalmente, la información generada y analizada en este estudio constituye la base para proponer planes de manejo y conservación de la biodiversidad y del suelo del Cerro “La Cazuela”, un recurso biológico importante para la comunidad de Tlaucingo.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Ángeles-García, A. Y., J. J. Suárez-Torres, P. Carrillo-Reyes, K. P. Peña-Joya y S. Quijas. 2022. Diversidad de plantas leñosas en el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de Sierra de vallejo, Nayarit, México. *Botanical Sciences* 100(1): 2-27.
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20.
- Armesto, J. J. y J. A. Martínez. Relations between vegetation structure and slope aspect in the Mediterranean region of Chile. *Journal of Ecology* 66: 881–889.

- Ávila, P., A. Sánchez-González y C. Catalán, 2010. Estructura y composición de la vegetación del Cañón del Zopilote, Guerrero, México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(2): 119-138.
- Badano, E. I., L. A. Cavieres, M. A. Molina-Montenegro, C. L. Quiroz. 2005. Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matorral of central Chile. *Journal of Arid Environments* 62: 93–108.
- Balvanera, P. y M. Maass. 2010. Los servicios ecosistémicos que proveen las selvas secas. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. B. Creel y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. 251-270 pp.
- Barranco-León, M.N. 2008. Estructura y diversidad florística de la selva baja caducifolia del estado de Colima, México. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias Biológicas (Biología ambiental), Universidad Nacional Autónoma de México. México 52 pp.
- Baselga, A. y C. Gómez Rodríguez. 2019. Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 26: 39-45.
- Bray, R. H. y L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59: 39-45.

- Breceda-Solís, C. A.M. 1994. La selva baja caducifolia y la vegetación de fondo de cañada en la Sierra de la Laguna, B.C.S., México, Tesis de Maestría en Ciencias, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- Carreto-Pérez, B. E., A. Almazán-Juárez, P. Sierra-Morales, y C. R. Almazán-Núñez. 2015. Estudio florístico de la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. *Polibotánica* 40: 01-27.
- Casanova-Lugo, F., J. C. González-Gómez, M. X. Flores-Estrada, G. López-Santiago y M. García-Gómez. 2014. Estructura, composición y usos de los árboles de la selva baja caducifolia en Apatzingán, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17: 255-259.
- Castillo-Campos, G., P.D. Dávila Aranda y J.A. Zavala Hurtado. La selva baja caducifolia en una corriente de lava volcánica en el centro de Veracruz: Lista florística de la flora vascular. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80: 77-104.
- Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. B. Creel y R. Dirzo. 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. México. 9-17 pp.
- Cerros-Tlatilpa, R., J. Ceja-Romero, A. Mendoza-Ruiz, A. Flores-Morales y M. Jaramillo-Sánchez. 2019. Inventario florístico de los cerros La Cantera y Delgado, Jantetelco, Morelos, México. *Acta Botanica Mexicana* 127: e1565.

- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad). 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 pp.
- CONAFOR (Comisión Nacional forestal). 2007. Estudio Regional Forestal UMAFOR Izúcar de Matamoros. ARGO Consultores Ambientales, Comisión Nacional Forestal, Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales y Gobierno del Estado de Puebla 2005-2011. 232 pp.
- Cottam, G. y J. T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37(3): 451-460
- Curtis, J. T. y R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32(3): 476-496.
- Duno-de Stefano, R. y W. Cetzal-Ix. 2019. Perdimos un amigo, pero ganamos cuatro: las acacias de la península de Yucatán, México. Desde el Herbario CICY 11: 7-13.
- Dzib-Castillo, B., C. Chanatásig-Vaca y N. A. González-Valdivia. 2014. Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 167–178.
- Ferro-Díaz, J. 2015. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *ECOVIDA* 5: 139-186.

- Fischer A., M Blaschke y C. Bassler. 2011. Altitudinal gradients in biodiversity research: the state of the art and future perspectives under climate change aspects. *Waldökologie Landschaftsforschung und Naturschutz* 11: 35–47.
- Flores Franco, G., M.G. Rangel Altamirano, E. V. Wehncke Rodríguez, J. Bonilla Barbosa, R. Cruz Durán y S. Valencia-Ávalos. 2024. Flora nativa y vegetación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana* 131: e2388.
- Gaillard-de Benítez, C. y M. G. Pece. 2011. Muestreo y técnicas de evaluación de vegetación y fauna. Serie Didáctica N° 27. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero; Argentina. E-Book ISBN 978-987-1676-44-6, 80 pp.
- Galicia, L., J. López-Blanco, A. E. Zarco, V. Filips y F. García-Oliva. 1999. The relationship between solar radiation interception and soil water in a tropical deciduous forest in Mexico. *Catena* 36: 153-164.
- Gallardo-Cruz, J. A., E. A. Pérez-García y J. A. Meave. 2009. β -Diversity and vegetation structure as influenced by slope aspect and altitude in a seasonally dry tropical landscape. *Landscape Ecology* 24(4): 473-482.
- Gallardo-Cruz, J. A., J. A. Meave y E. A. Pérez-García. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 19–35.

- Gao, Y., J. V. Solórzano, R. C. Estoque y S. Tsuyuzaki. 2023. Tropical Dry Forest Dynamics Explained by Topographic and Anthropogenic Factors: A Case Study in Mexico. *Remote Sensing* 15: 1471.
- García-Fragoso, A. L., J. D. Guerrero-Rodríguez, E. Ortiz-Torres, H. Vaquera-Huerta, O. C. Rosas-Rosas y A. R. Quero-Carrillo. 2021. Comportamiento de la diversidad arbórea-arbustiva en zonas de pastoreo en un área natural protegida del trópico seco poblano. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8: e2879.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests. En: Seasonally dry forests. S.H. Bullock, H.A. Mooney y E. Medina (eds.). Cambridge University Press, Nueva York. 146-194 pp.
- Gómez-Ruiz, P.A. y A. Dorantes Euan. 2024. El restablecimiento de la vegetación como punto de partida de los procesos de restauración de ecosistemas terrestres. *Desde el Herbario CICY* 16: 147-151
- González-Medrano, F. 2004. Las comunidades vegetales de México: Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación en México. 2ª edición, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). 50-66 pp.
- Guevara-Romero, M. L. 2011. Tipos de vegetación de Puebla. En: CONABIO. *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el

Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 75-90 pp.

Guillermo-Sandoval, E. E., C. Leopardi-Verde, F. Cayetano-Ramírez, A. A. Alvarado segura y G. J. Escobedo-Sarti. 2021. Composición y estructura florística de la selva baja caducifolia en Tecomán, Colima, México. *Madera y Bosques* 27(1): 1-14. e2712091.

Guízar-Nolazco, E. 1995. Análisis de los estadios sucesionales de *Acacia cochliacantha* Humb. & Bonpl. ex Wild. En el Suroeste de Puebla. Tesis de Maestría; Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México, México, 103 pp.

Guízar-Nolazco, E. 2011. La vegetación de la Mixteca. Tesis de Doctorado; Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. Cd. De México, México, 247 pp.

Guízar-Nolazco, E., D. Granados Sánchez y A. Castañeda Mendoza. 2010. Flora y vegetación en la porción sur de la Mixteca Poblana. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(2): 95-118.

Halffter, G. y C. E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En: Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic. (eds.). 2005. *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS y CONACYT. Zaragoza, España. 5-18 pp.

- Hammer, O., T. A. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis.
- Hansen, D. H. 1988. Tropical Dry Forest: The Most Endangered Major Tropical Ecosystem. En: Wilson, E. O. y F. Peter (eds.). *Biodiversity*. National Academy of Sciences, Smithsonian Institution USA, 130-137 pp.
- Hasnat, G. N. T. 2021. Plant Composition of Worldwide Tropical Dry Forests. En: Chaturvedi, R. K., Singh, R., Bhadouria, R. (eds.). *Tropical Dry Deciduous Forests: Emerging Features and Ecological Perspectives*. Nova Science Publishers, Inc. 1-67 pp.
- Hasnat, G. N. T., y M. K. Hossain. 2020. Global overview of tropical dry forests. In R. Bhadouria, S. Tripathi, P. Srivastava, y P. Singh (eds.). *The conservation and restoration of tropical dry forests*. IGI-Global. 69-91 pp.
- Hernández-Cárdenas, R.A., A. Siekkinen, A. Espejo-Serna y A.R. López-Ferrari. 2022. Seven new species of *Hechtia* Klotzsch (Bromeliaceae; Hechtioideae) from Puebla, Mexico. *Systematic Botany* 47(1): 190–207.
- Ibarra-Manríquez, G., M. González-Espinosa, M. Martínez-Ramos, y J. A. Meave. 2022. From vegetation ecology to vegetation science: current trends and perspectives. *Botanical Sciences*, 100(spe): 137-174.
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2021. Plan de desarrollo Municipal de Teotlalco. Ayuntamiento de Teotlalco, Puebla 2018-2021. 45 pp.

- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2024. Plan de desarrollo Municipal de Teotlalco. Ayuntamiento de Teotlalco, Puebla 2021-2024. 19 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000. Síntesis geográfica del estado de Puebla. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. 124 pp.
- IUCN. 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. <https://www.iucnredlist.org>.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem. In E. O. Wilson (Ed.), *Biodiversity*. Washington: National Academic Press. 130-137 pp.
- Jiménez A, Gabriel J. y M. Tapia. 2017. Ecología Forestal. 1ª edición. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. 141 pp.
- Kovach, W.L. 1999. MVSP—A Multivariate Statistical Package for Windows, Version 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth.
- León de la Luz, J. L., R. Domínguez-Cadena, y A. Medel-Narváez. 2012. Florística de la Selva Baja Caducifolia de la Península de Baja California, México. *Botanical Sciences* 90(2): 143-162.
- Li, J., Wu, B., Zhang, D., and Cheng, X. (2023). Elevational variation in soil phosphorus pools and controlling factors in alpine areas of Southwest China. *Geoderma* 431 (116361) 1-12.

- Liang, T., F. Tian, L. Zou, H. Jin, T. Tagesson, S. Rumpf, T. He, S. Liang y R. Fensholt. 2024. Global assessment of vegetation patterns along topographic gradients. *International Journal of Digital Earth* 17(1): 1-19.
- Lieberman, M., D. Lieberman, G. S. Hartshorn y R. Peralta. 1985. Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. *Journal of Ecology* 73: 505-516.
- Lot, A. y F. Chiang (eds.). 1986. Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. 1a Edición. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México. 133-142 pp.
- Lott, E. J. y T. H. Atkinson. 2010. Diversidad florística. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. B. Creel y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. 63-76 pp.
- Lott, E. J. 1985. La Estación de Biología Chamela, Jalisco. Listados Florísticos de México III. Instituto de Biología, UNAM. México. 27 pp.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science, 256 pp.
- Maldonado-Almanza, B., A. M. Alemán-Octaviano, R. Gadea-Noguerón y M. G. Rangel-Altamirano. 2017. Plantas útiles de la Mixteca Baja poblana. 1ª edición. Universidad Autónoma del Estado de Morelos 26 pp.
- Martínez-Bernal, A., B. Vázquez-Velasco, E. Ramírez-Arriaga, M. R. Zárate-Hernández, E. Martínez-Hernández y O. Téllez-Valdés. 2021. Composition,

structure and diversity of tree and shrub strata in a tropical deciduous forest at Tehuacán Valley, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92: e923713.

Martínez-Cruz, J., M. Méndez-Toribio, J. Cortés-Flores, P. Coba-Pérez, G. Cornejo-Tenorio y G. Ibarra-Manríquez. 2013. Estructura y diversidad de los bosques estacionales desaparecidos por la construcción de la presa Gral. Francisco J. Múgica, en la Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 1216–1234.

Martínez-Gordillo, M., S. Valencia-Ávalos y J. Calónico-Soto. 1997. Flora de Papalutla, Guerrero y de sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 68(2): 107-133.

Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington D.C. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía No. 22. 26-47 pp.

Meave, J. A. y E. A. Pérez-García. 2013. Vegetación: caracterización y factores que determinan su distribución. Vegetación y flora de México. En: Márquez-Guzmán, J., Collazo, O. M., Martínez-Gordillo, M., Orozco, S. A. y S. Vázquez-Santana (eds.). *Biología de angiospermas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias: Coordinación de Investigación Científica. 470-477 pp.

- Méndez-Toribio, M., G. Ibarra-Manríquez, A. Navarrete-Segueda, y H. Paz. 2017. Topographic position, but not slope aspect, drives the dominance of functional strategies of tropical dry forest trees. *Environmental Research Letters* 12(8): 1-12.
- Méndez-Toribio, M., J. Martínez-Cruz, J. Cortés-Flores, F. J. Rendón-Sandoval, y G. Ibarra-Manríquez. 2014. Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tzirtzícuaró, Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1117-1128.
- Méndez-Toribio, M., J. A. Meave, I. Zermeño-Hernández y G. Ibarra-Manríquez. 2016. Effects of slope aspect and topographic position on environmental variables, disturbance regime and tree community attributes in a seasonal tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science* 27: 1094-1103.
- Miles, L., A. Newton, R. DeFries, C. Ravillious, I. May, S. Blyth, V. Kapos, J. Gordon. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491-505.
- Miranda, F. 1941. Estudios sobre la vegetación de México. I. La vegetación de los cerros al sur de la Meseta de Anáhuac-el cuajiotal. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 12: 569-614.
- Miranda, F. 1942. Estudios sobre la vegetación de México. II. Notas generales sobre la vegetación del suroeste del estado de Puebla. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 13: 417-450.

- Miranda, F. 1943. Estudios sobre la vegetación de México, IV. Algunas características de la vegetación y de la flora en la zona de Acatlán, Puebla. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 14: 407–421.
- Miranda, F. y E. Hernández-Xolocotzin. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Mitchell, K. 2023. Quantitative analysis by the point-centered quarter method. Department of Mathematics and Computer Science. Second revision. Hobart and William Smith Colleges, Geneva, NY. 55 pp.
- Moeslund, S, L. Arge, P. K. Becher, T. Delgaard y Jens-Christian Svenning. Topography as a driver of local terrestrial vascular plant pattern diversity. *Nordic Journal of Botany* 31: 129-144.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Mostacedo, B y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 8-59 pp.
- Mueller-Dombois, D., J. D. Jacobi y C. C. Daehler. 2005. Vegetation. En: Mueller-Dombois, D., K. W. Bridges y C. Daehler (eds.). *Biodiversity Assessment of Tropical Island Ecosystems*. Pacific-Asian Biodiversity Transect (PABITRA) Manual for Interactive Ecology and Management. Asia-Pacific Network for Global

- Change Research. First edition. The Bishop Museum Press. Honolulu, Hawaii. 17-48 pp.
- NCSS. 2020. Statistical Software (2020). NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA, ncss.com/software/ncss.
- NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- NORMA MEXICANA DGN-AA-32-1976 (Norma Oficial Mexicana). 1976. Norma modificada de Norma Oficial Mexicana a Norma Mexicana, de acuerdo con el Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de noviembre de 1992. Determinación de fósforo total en desechos sólidos (Método del fosfovanadomolibdato). México.
- Olivero, A. M. y D. M. Hix. Influence of aspect and stand age on ground flora of southeastern Ohio forest ecosystems. *Plant Ecology* 139: 177–187.
- Oyededeji, S. 2024. Plant Adaptations in Dry Tropical Biomes: An Ecophysiological perspective. En: Tripathi, S., R. Bhadouria, P. Srivastava, R. Singh y R. S. Devi (eds.). *Ecophysiology of Tropical Plants Recent trends and Future Perspectives*. CRC Press of Taylor y Francis Group, LLC. 3-11 pp.
- Padilla-Hernández, V. M. 2014. Exploración geológica en el área comprendida entre los municipios de Axochiapan, estado de Morelos y Jolalpan, estado de Puebla.

- Informe de Trabajo Profesional para el Título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. México. 52 pp.
- Pennington, R. T., C. E. R. Lehmann y L. M. Rowland. 2018. Tropical savannas and dry forests. *Current Biology* 28: 541–545.
- Pineda-García, F., L. Arredondo-Amezcu y G. Ibarra-Manríquez. 2007. Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 129- 139
- POWO. 2025. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <https://powo.science.kew.org/>
- Ramírez-González, A. 2006. Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. 1ª edición. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 87-101 pp.
- Ramos-Organillo, F. J. 2020. Análisis de imágenes satelitales LANDSAT 8 por Componentes Principales para identificación de zonas con mineralización por carbonatos de cobre en la región de Jolalpan, Puebla. Tesis de Licenciatura; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Facultad de Ingeniería. Puebla. 61 pp.
- Reyes-Palomeque G., J. M. Dupuy, C. A. Portillo-Quintero, J. L. Andrade, F. J. Tun-Dzul, J. L. Hernández-Stefanoni. 2021. Mapping forest age and characterizing vegetation structure and species composition in tropical dry forests. *Ecological Indicators* 120: 106955.

- Rodríguez-Acosta, M., J. L. Villaseñor, A. J. Coombes, y A. B. Cerón-Carpio. 2014. Flora del estado de Puebla, México. Puebla, Pue.: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- Rodríguez-Martínez, J. 2013. Ecología. 3ª edición. Ediciones Pirámide. Colección Ciencia y Técnica. Madrid. 338-341 pp.
- Rojas-Martínez, C. y H. Flores-Olvera. 2019. Florística de la Sierra El Pelado, Acatlán, Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90: e902694.
- Roy-García, Ivonne, R. Rivas-Ruiz, M. Pérez-Rodríguez, y L. Palacios-Cruz. 2019. Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista alergia México* 66(3), 354-360.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Primera edición impresa. Editorial Limusa, México. 200-214 pp.
- Rzedowski, J. y G. Calderón-de Rzedowski. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 102: 1–23.
- Sánchez-Hernández, M. A., A. M. Fierros, A. Velázquez, H. M. De Los Santos, A. Aldrete y D. Cortés. 2018. Estructura, riqueza y diversidad de especies de árboles en un bosque tropical caducifolio de Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(46): 132-153.
- Schulze, E. D., E. Beck y K. Müller-Hohenstein. 2005. Plant Ecology. Springer Berlin Heidelberg. 702 pp.

- Seigler, D. S. y J. E. Ebinger. 2005. New combinations in the genus *Vachellia* (Fabaceae: Mimosoideae) from the New World. *Phytologia* 87: 139–178.
- Seigler, D. S., J. E. Ebinger y J. T. Miller. 2006. *Mariosousa*, a new segregate genus from *Acacia* s.l. (Fabaceae, Mimosoideae) from Central and North America. *Novon* 16: 413-420.
- Sieben, E.J.J. 2019. Zonal and azonal vegetation revisited: How is wetland vegetation distributed across different zonobiomes. *Austral Ecology* 44(3): 449–460.
- Singh, S. 2018. Understanding the role of slope aspect in shaping the vegetation attributes and soil properties in Montane ecosystems. *Tropical Ecology* 59(3): 417-430.
- Siyum, Z. G. 2020. Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. *Ecological Processes* 9:25.
- Soto-Núñez, J. C. 2010. Plantas útiles de la cuenca del Balsas. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. B. Creel y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. 285-320 pp.
- Sousa, S. M. 2010. Centros de endemismo: las leguminosas. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. B. Creel y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. 77-91 pp.

- Stan, K. y A. Sánchez-Azofeifa. 2019. Tropical dry forest diversity, climatic response, and resilience in a changing climate. *Forests* 10(5): 443.
- Steinmann V. W. 2021. Flora y vegetación de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, Michoacán, México. *Botanical Sciences* 99: 661-707.
- Suriano-Solano, J. 2023. Un acercamiento a l concepto de paisaje: Tlaucingo, Puebla. Entre la minería y la emigración. Investigación terminal para obtener el grado de Licenciado en Geografía Humana. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Ciudad de México 158 pp.
- Trejo, I. 1998. Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 217 pp.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. En: Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (eds.). Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Monografías Tercer milenio. Sociedad Entomológica Aragonesa, CONABIO, Grupo Diversitas, CONACYT. Zaragoza, España 111-122 pp.
- Trejo, I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. B. Creel y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica-CONABIO. 41-51 pp.

- Trejo, I. 2015. Bosques Tropicales Secos. *Revista Okara: Geografía em debate* 9(2): 261-274.
- Tyagi, V., S. P. Singh, R. D. Singh, S. Gumber, R. Thadani y R. Pandey. 2023. Influence of slope position and aspect on the vegetation attributes and tree-water relations in forests of the central Himalayas. *Journal of Mountain Science* 20: 2592–2602.
- Valencia-Ávalos, S., R. Cruz-Durán, M. Martínez-Gordillo y J. Jiménez-Ramírez. 2011. La Flora del Municipio de Atenango del Río, Estado de Guerrero, México. *Polibotánica* 32: 9-39.
- Valentín-Martínez, D., P. Silva-Sáenz y Y. González-González. 2024. Vascular flora and description of the vegetation of a tropical deciduous forest in the municipality of Nocupétaro, Michoacán, Mexico. *Botanical Sciences* 102(3), 1009-1031.
- Valois-Cuesta, H., Córdoba-Arias, J. A., y Rentería-Arriaga, E. (2016). Patrones de diversidad de plantas en un gradiente de baja elevación en el Chocó, Colombia, usando especies indicadoras (Rubiaceae). *Revista Mexicana De Biodiversidad* 87(4): 1275-1282.
- Valverde Padilla, P. L. 2002. Cambios en la abundancia, dominancia y diversidad de formas de vida vegetales entre laderas norte y sur en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. *ContactoS* 45: 45-50.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559–902.

- Walkley, A., y I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37(1): 29-38.
- Williams, J. N., I. Trejo, y M. W. Schwartz. 2017. Commonness, rarity, and oligarchies of woody plants in the tropical dry forests of Mexico. *Biotropica* 49(4), 493–501.
- Xie, H., J. Dong, Y. Deng y Y. Dai. 2022. Prediction model of the slope angle of rocky slope stability based on random forest algorithm. In: Sun G, editor. *Mathematical problems in engineering* 2022(7):1–10.
- XLSTAT. 2024. Statistical Software for Excel. <https://www.xlstat.com>
- Yang, J., Y. A. El-Kassaby y W. Guan. 2020. The effect of slope aspect on vegetation attributes in a mountainous dry valley, Southwest China. *Scientific Reports* 10: 16465.
- Yusanto, N. S. 2018. The Influence of Slope to Density and Litter Biomass in Tropical Rainforests. *Resources and Environment* 8(3): 99-102.
- Zaiontz, C. 2023. Real Statistics Using Excel. www.real-statistics.com
- Zamora-Crescencio, P., J. L. Aragón-Gastélum, J. A. Vargas-Contreras, R. C. Barrientos-Medina, F. J. Aguirre-Crespo, C. Gutiérrez-Báez, A. H. Plasencia-Vázquez. 2024. Diversidad, composición y estructura de especies leñosas de la selva baja caducifolia en Lerma, Campeche. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 11(2): e3819.

Zhang, M., Z. Liu, Z. Yang, H. Shen, J. Wang y X. Wu. 2024. Altitudinal Variation in Species Diversity, Distribution, and Regeneration Status of a Secondary Picea Forest in Guandi Mountain, Northern China. *Forests*: 15 (771) 2-16.

13. ANEXOS

Anexo 1. Índice de Valor de Importancia (IVI), de los árboles en los 10 transectos establecidos en el Cerro “La Cazuela”. **N:** abundancia, **FA:** frecuencia absoluta, **FR:** frecuencia relativa, **DA:** densidad absoluta, **DR:** densidad relativa, **CA:** cobertura absoluta, **CR:** cobertura relativa.

Transecto 1. Ladera Norte.

N°	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Bursera submoniliformis</i>	3	36.36	10.26	157.57	6.82	4.16	20.02	12.36
2	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	18.18	5.13	157.57	6.82	4.89	23.51	11.82
3	<i>Lysiloma divaricatum</i>	6	45.45	12.82	315.14	13.64	1.53	7.37	11.28
4	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	6	36.36	10.26	315.14	13.64	0.95	4.55	9.48
5	<i>Lysiloma tergeminum</i>	3	27.27	7.69	157.57	6.82	1.13	5.42	6.65
6	<i>Ceiba aesculifolia</i>	2	18.18	5.13	105.05	4.55	1.92	9.22	6.30
7	<i>Bursera aptera</i>	2	18.18	5.13	105.05	4.55	1.15	5.54	5.07
8	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	3	18.18	5.13	157.57	6.82	0.36	1.72	4.55
9	<i>Cascabela obata</i>	2	18.18	5.13	105.05	4.55	0.82	3.94	4.54
10	<i>Sphinga acatlensis</i>	2	18.18	5.13	105.05	4.55	0.66	3.16	4.28
11	<i>Adelia oaxacana</i>	2	18.18	5.13	105.05	4.55	0.27	1.28	3.65
12	<i>Bursera longipes</i>	2	9.09	2.56	105.05	4.55	0.72	3.45	3.52
13	<i>Exostema caribaeum</i>	2	18.18	5.13	105.05	4.55	0.16	0.78	3.49
14	<i>Bursera bolivarii</i>	1	9.09	2.56	52.52	2.27	1.13	5.43	3.42
15	<i>Vachellia campechiana</i>	1	9.09	2.56	52.52	2.27	0.60	2.90	2.58
16	<i>Tabernaemontana glabra</i>	1	9.09	2.56	52.52	2.27	0.22	1.06	1.97
17	<i>Dalbergia congestiflora</i>	1	9.09	2.56	52.52	2.27	0.05	0.24	1.69
18	<i>Bernardia mexicana</i>	1	9.09	2.56	52.52	2.27	0.04	0.20	1.68
19	<i>Comocladia mollissima</i>	1	9.09	2.56	52.52	2.27	0.04	0.20	1.68
Total		44	354.55	100	2311	100	20.80	100	100

Transecto 2. Ladera Norte.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	18.18	5.26	163.47	6.98	8.04	28.21	13.48
2	<i>Lysiloma divaricatum</i>	7	36.36	10.53	381.42	16.28	2.46	8.64	11.82
3	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	3	27.27	7.89	163.47	6.98	4.45	15.63	10.17
4	<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	27.27	7.89	163.47	6.98	3.19	11.21	8.69
5	<i>Bursera submoniliformis</i>	4	36.36	10.53	217.95	9.30	0.39	1.37	7.07
6	<i>Adelia oaxacana</i>	2	18.18	5.26	108.98	4.65	2.17	7.62	5.85
7	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	3	27.27	7.89	163.47	6.98	0.57	1.99	5.62
8	<i>Cnidoscolus rostratus</i>	3	27.27	7.89	163.47	6.98	0.43	1.51	5.46
9	<i>Bursera morelensis</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	2.95	10.36	5.10
10	<i>Bursera aptera</i>	2	9.09	2.63	108.98	4.65	2.24	7.85	5.04
11	<i>Cascabela obata</i>	3	18.18	5.26	163.47	6.98	0.22	0.78	4.34
12	<i>Lysiloma tergeminum</i>	1	18.18	5.26	54.49	2.33	0.13	0.44	2.68
13	<i>Plumeria rubra</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.66	2.31	2.42
14	<i>Senna wislizeni</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.23	0.81	1.92
15	<i>Sphinga acatlensis</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.14	0.49	1.82
16	<i>Morisonia incana</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.06	0.22	1.73
17	<i>Vachellia campechiana</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.05	0.18	1.71
18	<i>Triumfetta mexiae</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.04	0.15	1.70
19	<i>Pittocaulon bombycopholus</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.04	0.14	1.70
20	<i>Hintonia latiflora</i>	1	9.09	2.63	54.49	2.33	0.03	0.10	1.68
Total		43	345.45	100	2343	100	28.49	100	100

Transecto 3. Ladera Este.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Cnidoscopus rostratus</i>	7	54.55	15.79	482.02	16.28	2.57	14.89	15.65
2	<i>Lysiloma tergeminum</i>	4	36.36	10.53	275.44	9.30	2.66	15.42	11.75
3	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	5	36.36	10.53	344.30	11.63	1.17	6.77	9.64
4	<i>Bursera longipes</i>	2	18.18	5.26	137.72	4.65	2.35	13.61	7.84
5	<i>Lysiloma divaricatum</i>	2	18.18	5.26	137.72	4.65	2.10	12.13	7.35
6	<i>Bursera xochipalensis</i>	2	18.18	5.26	137.72	4.65	1.46	8.46	6.13
7	<i>Bursera aptera</i>	2	9.09	2.63	137.72	4.65	1.69	9.76	5.68
8	<i>Sphinga acatlensis</i>	2	18.18	5.26	137.72	4.65	0.63	3.67	4.53
9	<i>Ceiba aesculifolia</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.79	4.58	3.18
10	<i>Cordia morelosana</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.67	3.88	2.95
11	<i>Bursera linanoe</i>	2	9.09	2.63	137.72	4.65	0.20	1.16	2.81
12	<i>Exostema caribaeum</i>	2	9.09	2.63	137.72	4.65	0.10	0.57	2.62
13	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.20	1.14	2.03
14	<i>Plumeria rubra</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.18	1.03	1.99
15	<i>Neopringlea viscosa</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.11	0.62	1.86
16	<i>Tabernaemontana glabra</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.09	0.54	1.83
17	<i>Triumfetta mexiae</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.09	0.50	1.82
18	<i>Pittocaulon bombycopholus</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.04	0.26	1.74
19	<i>Senna skinneri</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.04	0.23	1.73
20	<i>Coursetia glandulosa</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.04	0.20	1.72
21	<i>Croton morifolius</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.04	0.20	1.72
22	<i>Mimosa mollis</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.04	0.20	1.72
23	<i>Bernardia mexicana</i>	1	9.09	2.63	68.86	2.33	0.03	0.18	1.71
Total		43	345.5	100	2961	100	17.28	100	100

Transecto 4. Ladera Este.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	8	60	17.14	402.60	20.0	11.34	41.56	26.24
2	<i>Forchhammeria macrocarpa</i>	2	20	5.71	100.65	5.0	5.34	19.56	10.09
3	<i>Bursera linanoe</i>	4	40	11.43	201.30	10.0	1.79	6.57	9.33
4	<i>Bursera submoniliformis</i>	4	30	8.57	201.30	10.0	2.00	7.34	8.64
5	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	20	5.71	150.98	7.5	1.83	6.72	6.65
6	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	2	20	5.71	100.65	5.0	0.61	2.25	4.32
7	<i>Lysiloma divaricatum</i>	2	20	5.71	100.65	5.0	0.61	2.22	4.31
8	<i>Cnidoscolus rostratus</i>	2	20	5.71	100.65	5.0	0.35	1.30	4.00
9	<i>Bursera aptera</i>	2	20	5.71	100.65	5.0	0.11	0.41	3.71
10	<i>Lysiloma tergeminum</i>	2	20	5.71	100.65	5.0	0.09	0.34	3.68
11	<i>Tabernaemontana glabra</i>	2	10	2.86	100.65	5.0	0.52	1.91	3.26
12	<i>Ipomoea pauciflora</i>	1	10	2.86	50.33	2.5	1.08	3.97	3.11
13	<i>Ceiba aesculifolia</i>	1	10	2.86	50.33	2.5	0.58	2.12	2.49
14	<i>Cordia morelosana</i>	1	10	2.86	50.33	2.5	0.44	1.60	2.32
15	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	10	2.86	50.33	2.5	0.27	0.99	2.12
16	<i>Gyrocarpus jatrophiifolius</i>	1	10	2.86	50.33	2.5	0.16	0.59	1.98
17	<i>Mimosa goldmanii</i>	1	10	2.86	50.33	2.5	0.10	0.38	1.91
18	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	1	10	2.86	50.33	2.5	0.05	0.18	1.84
Total		40	350	100	2013	100	27.28	100	100

Transecto 5. Ladera Sur.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Cyrtocarpa procera</i>	3	18.18	5.26	116.11	6.82	14.75	28.13	13.41
2	<i>Jatropha elbae</i>	4	36.36	10.53	154.82	9.09	9.15	17.44	12.35
3	<i>Bursera bolivarii</i>	7	54.55	15.79	270.93	15.91	1.75	3.34	11.68
4	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	27.27	7.89	116.11	6.82	7.58	14.45	9.72
5	<i>Bursera lancifolia</i>	2	18.18	5.26	77.41	4.55	5.71	10.88	6.90
6	<i>Lysiloma tergeminum</i>	3	27.27	7.89	116.11	6.82	1.75	3.35	6.02
7	<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	9.09	2.63	116.11	6.82	2.49	4.74	4.73
8	<i>Morisonia incana</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	3.79	7.24	4.05
9	<i>Bursera longipes</i>	2	18.18	5.26	77.41	4.55	0.69	1.31	3.71
10	<i>Mimosa mollis</i>	2	18.18	5.26	77.41	4.55	0.31	0.60	3.47
11	<i>Plumeria rubra</i>	2	9.09	2.63	77.41	4.55	0.35	0.66	2.61
12	<i>Croton morifolius</i>	2	9.09	2.63	77.41	4.55	0.32	0.61	2.60
13	<i>Bursera aptera</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	1.18	2.26	2.39
14	<i>Pseudosmodingium perniciosum</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.97	1.84	2.25
15	<i>Sphinga acatlensis</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.43	0.83	1.91
16	<i>Ipomoea pauciflora</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.42	0.80	1.90
17	<i>Malpighia mexicana</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.24	0.46	1.79
18	<i>Bursera morelensis</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.21	0.40	1.77
19	<i>Tabernaemontana glabra</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.18	0.34	1.75
20	<i>Cnidoscolus rostratus</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.07	0.13	1.68
21	<i>Mariosousa coulteri</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.07	0.13	1.68
22	<i>Bursera schlechtendalii</i>	1	9.09	2.63	38.70	2.27	0.03	0.06	1.65
Total		44	345.4	100	1703	100	52.44	100	100

Transecto 6. Ladera Sur.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Bursera linanoe</i>	9	54.55	16.22	254.30	20.93	0.63	2.30	13.15
2	<i>Pseudosmodium perniciosum</i>	3	27.27	8.11	84.77	6.98	4.85	17.58	10.89
3	<i>Lysiloma tergeminum</i>	4	27.27	8.11	113.02	9.30	4.03	14.60	10.67
4	<i>Bursera submoniliformis</i>	5	45.45	13.51	141.28	11.63	1.00	3.63	9.59
5	<i>Jatropha elbae</i>	3	18.18	5.41	84.77	6.98	4.22	15.28	9.22
6	<i>Bursera aptera</i>	3	27.27	8.11	84.77	6.98	2.36	8.53	7.87
7	<i>Bursera morelensis</i>	2	18.18	5.41	56.51	4.65	3.25	11.79	7.28
8	<i>Conzattia multiflora</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	2.82	10.22	5.08
9	<i>Bursera bolivarii</i>	2	18.18	5.41	56.51	4.65	1.29	4.68	4.91
10	<i>Bursera longipes</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	1.70	6.16	3.73
11	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	2	18.18	5.41	56.51	4.65	0.16	0.59	3.55
12	<i>Ceiba aesculifolia</i>	2	9.09	2.70	56.51	4.65	0.10	0.38	2.58
13	<i>Lonchocarpus sp.</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	0.48	1.72	2.25
14	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	0.20	0.73	1.92
15	<i>Cyrtocarpa procera</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	0.18	0.64	1.89
16	<i>Hintonia latiflora</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	0.14	0.51	1.85
17	<i>Lasiocarpus salicifolius</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	0.13	0.47	1.83
18	<i>Senna skinneri</i>	1	9.09	2.70	28.26	2.33	0.05	0.18	1.74
Total		43	336.3	100	1215	100	27.61	100	100

Transecto 7. Ladera Oeste.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Bursera submoniliformis</i>	6	60	16.67	319.35	15.0	6.37	16.66	16.11
2	<i>Lysiloma divaricatum</i>	5	40	11.11	266.13	12.5	3.25	8.49	10.70
3	<i>Cordia morelosana</i>	3	30	8.33	159.68	7.5	3.72	9.74	8.52
4	<i>Sideroxylon capiri</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	7.16	18.72	8.00
5	<i>Bursera longipes</i>	2	20	5.56	106.45	5.0	5.12	13.38	7.98
6	<i>Lysiloma tergeminum</i>	4	30	8.33	212.90	10.0	0.42	1.10	6.48
7	<i>Exostema caribaeum</i>	2	20	5.56	106.45	5.0	1.72	4.51	5.02
8	<i>Comocladia mollissima</i>	2	20	5.56	106.45	5.0	1.35	3.52	4.69
9	<i>Pseudosmodingium perniciosum</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	2.71	7.09	4.12
10	<i>Bursera aptera</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	2.02	5.27	3.52
11	<i>Bursera morelensis</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	1.52	3.99	3.09
12	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	2	10	2.78	106.45	5.0	0.53	1.39	3.06
13	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	2	10	2.78	106.45	5.0	0.10	0.26	2.68
14	<i>Ceiba aesculifolia</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.64	1.68	2.32
15	<i>Bursera xochipalensis</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.55	1.44	2.24
16	<i>Plumeria rubra</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.38	1.00	2.09
17	<i>Bourreria andrieuxii</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.25	0.66	1.98
18	<i>Hintonia latiflora</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.14	0.36	1.88
19	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.12	0.32	1.87
20	<i>Bursera linanoe</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.11	0.28	1.85
21	<i>Zapoteca formosa</i>	1	10	2.78	53.23	2.5	0.06	0.16	1.81
Total		40	360	100	2129	100	38.24	100	100

Transecto 8. Ladera Oeste.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Sideroxylon capiri</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	25.90	55.82	20.30
2	<i>Bursera morelensis</i>	5	27.27	7.89	226.59	12.20	6.80	14.66	11.58
3	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	3	27.27	7.89	135.95	7.32	0.74	1.59	5.60
4	<i>Lysiloma tergeminum</i>	3	27.27	7.89	135.95	7.32	0.28	0.60	5.27
5	<i>Cordia morelosana</i>	2	18.18	5.26	90.63	4.88	2.00	4.32	4.82
6	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	18.18	5.26	90.63	4.88	1.83	3.94	4.69
7	<i>Bursera xochipalensis</i>	2	18.18	5.26	90.63	4.88	1.30	2.80	4.31
8	<i>Lysiloma divaricatum</i>	2	18.18	5.26	90.63	4.88	1.11	2.39	4.18
9	<i>Hintonia latiflora</i>	2	18.18	5.26	90.63	4.88	0.04	0.09	3.41
10	<i>Bursera longipes</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	1.97	4.26	3.11
11	<i>Pisonia aculeata</i>	2	9.09	2.63	90.63	4.88	0.61	1.31	2.94
12	<i>Ceiba aesculifolia</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	1.09	2.35	2.47
13	<i>Bursera bolivarii</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.47	1.01	2.03
14	<i>Gliricidia sepium</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.42	0.90	1.99
15	<i>Vachellia campechiana</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.42	0.90	1.99
16	<i>Bourreria andrieuxii</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.30	0.65	1.91
17	<i>Cnidoscolus rostratus</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.23	0.49	1.85
18	<i>Ficus cotinifolia</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.21	0.45	1.84
19	<i>Vachellia farnesiana</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.19	0.41	1.83
20	<i>Lasiocarpus salicifolius</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.18	0.39	1.82
21	<i>Conzattia multiflora</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.13	0.28	1.78
22	<i>Tabernaemontana glabra</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.06	0.13	1.73
23	<i>Bursera aptera</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.04	0.08	1.72
24	<i>Croton morifolius</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.04	0.08	1.72
25	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.03	0.06	1.71
26	<i>Senna wislizeni</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.02	0.04	1.70
27	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1	9.09	2.63	45.32	2.44	0.003	0.01	1.69
Total		41	345.45	100	1858	100	46.4	100	100

Transecto 9. Cima Norte.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Swietenia humilis</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	7.29	29.76	11.47
2	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	6	54.55	14.29	247.50	13.64	0.29	1.19	9.70
3	<i>Bursera aptera</i>	2	18.18	4.76	82.50	4.55	4.33	17.69	9.00
4	<i>Ceiba aesculifolia</i>	4	36.36	9.52	165.00	9.09	0.99	4.04	7.55
5	<i>Lysiloma tergeminum</i>	5	36.36	9.52	206.25	11.36	0.23	0.92	7.27
6	<i>Bursera xochipalensis</i>	3	27.27	7.14	123.75	6.82	1.47	6.00	6.65
7	<i>Vachellia campechiana</i>	3	27.27	7.14	123.75	6.82	0.82	3.33	5.76
8	<i>Bursera submoniliformis</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	3.06	12.48	5.71
9	<i>Lysiloma divaricatum</i>	2	18.18	4.76	82.50	4.55	1.81	7.41	5.57
10	<i>Adelia oaxacana</i>	2	18.18	4.76	82.50	4.55	1.77	7.21	5.51
11	<i>Bursera linanoe</i>	3	18.18	4.76	123.75	6.82	0.54	2.21	4.60
12	<i>Exostema caribaeum</i>	2	18.18	4.76	82.50	4.55	0.92	3.75	4.35
13	<i>Neopringlea viscosa</i>	2	18.18	4.76	82.50	4.55	0.16	0.66	3.32
14	<i>Ipomoea pauciflora</i>	2	18.18	4.76	82.50	4.55	0.15	0.61	3.30
15	<i>Hintonia latiflora</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	0.38	1.55	2.07
16	<i>Coursetia glandulosa</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	0.08	0.34	1.67
17	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	0.08	0.34	1.67
18	<i>Mimosa mollis</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	0.08	0.34	1.67
19	<i>Comocladia mollissima</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	0.02	0.09	1.58
20	<i>Mimosa polyantha</i>	1	9.09	2.38	41.25	2.27	0.02	0.07	1.57
Total		44	381.82	100	1815	100	24.49	100	100

Transecto 10. Cima Sur.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	10	72.73	21.62	426.51	23.26	1.02	3.48	16.12
2	<i>Bursera longipes</i>	3	27.27	8.11	127.95	6.98	6.88	23.58	12.89
3	<i>Bursera xochipalensis</i>	2	18.18	5.41	85.30	4.65	6.86	23.52	11.19
4	<i>Bursera aptera</i>	3	27.27	8.11	127.95	6.98	3.07	10.51	8.53
5	<i>Bursera bolivarii</i>	3	27.27	8.11	127.95	6.98	1.86	6.36	7.15
6	<i>Bursera morelensis</i>	2	18.18	5.41	85.30	4.65	3.30	11.29	7.12
7	<i>Senna wislizeni</i>	2	18.18	5.41	85.30	4.65	1.78	6.09	5.38
8	<i>Ceiba aesculifolia</i>	3	27.27	8.11	127.95	6.98	0.22	0.76	5.28
9	<i>Bursera submoniliformis</i>	2	9.09	2.70	85.30	4.65	1.59	5.46	4.27
10	<i>Bursera linanoe</i>	2	18.18	5.41	85.30	4.65	0.18	0.63	3.56
11	<i>Lysiloma tergeminum</i>	3	9.09	2.70	127.95	6.98	0.16	0.53	3.40
12	<i>Cnidoscolus rostratus</i>	2	9.09	2.70	85.30	4.65	0.39	1.33	2.89
13	<i>Plumeria rubra</i>	1	9.09	2.70	42.65	2.33	0.88	3.02	2.68
14	<i>Fouquieria ochoteranae</i>	1	9.09	2.70	42.65	2.33	0.48	1.64	2.22
15	<i>Lysiloma divaricatum</i>	1	9.09	2.70	42.65	2.33	0.37	1.27	2.10
16	<i>Crescentia alata</i>	1	9.09	2.70	42.65	2.33	0.10	0.34	1.79
17	<i>Vachellia campechiana</i>	1	9.09	2.70	42.65	2.33	0.03	0.12	1.71
18	<i>Mimosa mollis</i>	1	9.09	2.70	42.65	2.33	0.02	0.08	1.70
Total		43	336.36	100	1834	100	29.19	100	100

Anexo 2. Índice de Valor de Importancia (**IVI**), de los arbustos, en los 10 transectos establecidos en el Cerro “La Cazuela”. **N**: abundancia, **FA**: frecuencia absoluta, **FR**: frecuencia relativa, **DA**: densidad absoluta, **DR**: densidad relativa, **CA**: cobertura absoluta, **CR**: cobertura relativa, **IVI**: valor de importancia.

Transecto 1. Ladera Norte.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Randia thurberi</i>	12	72.73	22.86	1035.82	27.27	11.06	19.04	23.06
2	<i>Neoppringlea viscosa</i>	6	45.45	14.29	517.91	13.64	10.82	18.62	15.52
3	<i>Sphinga acatlensis</i>	2	9.09	2.86	172.64	4.55	17.17	29.57	12.32
4	<i>Acalypha philipes</i>	4	36.36	11.43	345.27	9.09	4.05	6.97	9.16
5	<i>Ctenodon compactus</i>	6	36.36	11.43	517.91	13.64	1.36	2.35	9.14
6	<i>Adelia oaxacana</i>	3	18.18	5.71	258.95	6.82	0.77	1.33	4.62
7	<i>Lysiloma tergeminum</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	4.23	7.29	4.14
8	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	3.27	5.63	3.59
9	<i>Randia echinocarpa</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	1.10	1.89	2.34
10	<i>Tabernaemontana glabra</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	1.10	1.89	2.34
11	<i>Morisonia incana</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	0.99	1.71	2.28
12	<i>Mimosa polyantha</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	0.62	1.06	2.06
13	<i>Wimmeria sp.</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	0.62	1.06	2.06
14	<i>Euphorbia schlechtendali</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	0.36	0.63	1.92
15	<i>Phyllanthus mocinianus</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	0.27	0.47	1.87
16	<i>Mimosa mollis</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	0.25	0.43	1.85
17	<i>Carlowrightia arizonica</i>	1	9.09	2.86	86.32	2.27	0.03	0.06	1.73
Total		44	318.18	100	3798	100	58.08	100	100

Transecto 2. Ladera Norte.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Acalypha philipes</i>	11	54.55	17.14	849.00	25.00	10.99	22.13	21.42
2	<i>Neopringlea viscosa</i>	7	54.55	17.14	540.27	15.91	11.15	22.46	18.50
3	<i>Mimosa polyantha</i>	5	36.36	11.43	385.91	11.36	1.95	3.93	8.91
4	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	10.22	20.59	8.57
5	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	2	18.18	5.71	154.36	4.55	5.82	11.72	7.33
6	<i>Carlowrightia arizonica</i>	2	18.18	5.71	154.36	4.55	0.28	0.57	3.61
7	<i>Vachellia campechiana</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	2.44	4.91	3.35
8	<i>Adelia oaxacana</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	2.29	4.60	3.24
9	<i>Randia thurberi</i>	2	9.09	2.86	154.36	4.55	0.67	1.35	2.92
10	<i>Ctenodon compactus</i>	2	9.09	2.86	154.36	4.55	0.57	1.15	2.85
11	<i>Hippocratea volubilis</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	1.24	2.51	2.55
12	<i>Echinopterys eglandulosa</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.98	1.98	2.37
13	<i>Bursera linanoe</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.32	0.65	1.93
14	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.22	0.45	1.86
15	<i>Mimosa goldmanii</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.18	0.36	1.83
16	<i>Lippia graveolens</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.12	0.24	1.79
17	<i>Lantana velutina</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.10	0.21	1.78
18	<i>Exostema caribaeum</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.07	0.14	1.76
19	<i>Tecoma stans</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.02	0.04	1.72
20	<i>Waltheria indica</i>	1	9.09	2.86	77.18	2.27	0.02	0.03	1.72
Total		44	318.18	100	3396	100	49.65	100	100

Transecto 3. Ladera Este.

N°	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Acalypha philipes</i>	11	63.64	21.88	853.00	25.00	9.89	15.27	20.71
2	<i>Sideroxylon celastrinum</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	27.21	42.02	15.81
3	<i>Adelia oaxacana</i>	7	36.36	12.50	542.82	15.91	8.92	13.78	14.06
4	<i>Neopringlea viscosa</i>	6	36.36	12.50	465.27	13.64	3.61	5.57	10.57
5	<i>Mimosa polyantha</i>	5	27.27	9.38	387.73	11.36	2.25	3.47	8.07
6	<i>Randia thurberi</i>	3	27.27	9.38	232.64	6.82	2.98	4.60	6.93
7	<i>Tabernaemontana glabra</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	3.66	5.65	3.68
8	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	3.29	5.08	3.49
9	<i>Lantana achyranthifolia</i>	2	9.09	3.13	155.09	4.55	0.71	1.10	2.92
10	<i>Haplophyton cimicidium</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	0.52	0.80	2.07
11	<i>Lippia graveolens</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	0.52	0.80	2.07
12	<i>Cnidoscolus rostratus</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	0.45	0.69	2.03
13	<i>Carlowrightia arizonica</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	0.33	0.50	1.97
14	<i>Combretum fruticosum</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	0.16	0.24	1.88
15	<i>Croton morifolius</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	0.16	0.24	1.88
16	<i>Lantana velutina</i>	1	9.09	3.13	77.55	2.27	0.12	0.19	1.86
Total		44	290.91	100	3412	100	64.76	100	100

Transecto 4. Ladera Este.

N°	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Adelia oaxacana</i>	6	30	10.00	712.50	15.0	21.01	38.97	21.32
2	<i>Neoprintlea viscosa</i>	5	40	13.33	593.75	12.5	7.52	13.94	13.26
3	<i>Mimosa mollis</i>	5	30	10.00	593.75	12.5	5.07	9.40	10.63
4	<i>Acalypha philipes</i>	7	30	10.00	831.25	17.5	1.65	3.05	10.18
5	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	8.17	15.16	7.00
6	<i>Hippocratea volubilis</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	4.63	8.59	4.81
7	<i>Perymenium macrocephalum</i>	2	20	6.67	237.50	5.0	0.60	1.12	4.26
8	<i>Randia thurberi</i>	2	20	6.67	237.50	5.0	0.39	0.72	4.13
9	<i>Lasiocarpus salicifolius</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	1.51	2.80	2.88
10	<i>Boeberoides grandiflora</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	1.29	2.40	2.74
11	<i>Mimosa goldmanii</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.91	1.68	2.51
12	<i>Otopappus</i> sp.	1	10	3.33	118.75	2.5	0.31	0.57	2.13
13	<i>Justicia pacifica</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.24	0.45	2.09
14	<i>Lippia graveolens</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.21	0.39	2.08
15	<i>Tecoma stans</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.16	0.30	2.04
16	<i>Lantana achyranthifolia</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.14	0.25	2.03
17	<i>Mimosa polyantha</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.06	0.11	1.98
18	<i>Lantana velutina</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.02	0.04	1.96
19	<i>Pisonia aculeata</i>	1	10	3.33	118.75	2.5	0.02	0.04	1.96
Total		40	300	100	4750	100	53.91	100	100

Transecto 5. Ladera Sur.

N°	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Mimosa mollis</i>	8	54.55	22.22	713.40	20.0	23.08	48.67	30.30
2	<i>Justicia candicans</i>	6	27.27	11.11	535.05	15.0	1.59	3.36	9.82
3	<i>Acalypha philipes</i>	4	9.09	3.70	356.70	10.0	5.29	11.15	8.28
4	<i>Lippia graveolens</i>	4	18.18	7.41	356.70	10.0	2.41	5.09	7.50
5	<i>Ctenodon compactus</i>	2	9.09	3.70	178.35	5.0	5.29	11.15	6.62
6	<i>Carlowrightia arizonica</i>	3	18.18	7.41	267.53	7.5	0.98	2.06	5.66
7	<i>Dendroviguiera guerrerana</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	3.68	7.76	4.65
8	<i>Waltheria indica</i>	2	18.18	7.41	178.35	5.0	0.36	0.76	4.39
9	<i>Croton morifolius</i>	2	9.09	3.70	178.35	5.0	0.94	1.98	3.56
10	<i>Lysiloma tergeminum</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	1.77	3.74	3.32
11	<i>Zaluzania pringlei</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	0.82	1.73	2.64
12	<i>Ayenia mirandae</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	0.38	0.79	2.33
13	<i>Ditaxis guatemalensis</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	0.34	0.72	2.31
14	<i>Lantana achyranthifolia</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	0.28	0.60	2.27
15	<i>Tetramerium nervosum</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	0.16	0.34	2.18
16	<i>Coursetia caribaea</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	0.03	0.07	2.09
17	<i>Dalea leptostachya</i>	1	9.09	3.70	89.18	2.5	0.01	0.02	2.08
Total		40	245.45	100	3567	100	47.42	100	100

Transecto 6. Ladera Sur.

N°	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Mimosa mollis</i>	14	80	24.24	1091.67	32.56	17.32	39.37	32.06
2	<i>Adelia oaxacana</i>	4	40	12.12	311.91	9.30	4.44	10.10	10.51
3	<i>Ayenia mirandae</i>	4	30	9.09	311.91	9.30	3.74	8.51	8.97
4	<i>Justicia candicans</i>	4	20	6.06	311.91	9.30	3.77	8.58	7.98
5	<i>Dendroviguiera guerrerana</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	7.37	16.76	7.37
6	<i>Carlowrightia arizonica</i>	2	20	6.06	155.95	4.65	0.68	1.54	4.08
7	<i>Acalypha philipes</i>	2	20	6.06	155.95	4.65	0.35	0.80	3.84
8	<i>Hippocratea volubilis</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	1.95	4.42	3.26
9	<i>Croton morifolius</i>	2	10	3.03	155.95	4.65	0.81	1.85	3.18
10	<i>Coursetia glandulosa</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	1.61	3.67	3.01
11	<i>Jatropha elbae</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.99	2.26	2.54
12	<i>Tetramerium nervosum</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.33	0.75	2.03
13	<i>Lantana camara</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.25	0.56	1.97
14	<i>Lantana velutina</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.12	0.28	1.88
15	<i>Lippia graveolens</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.10	0.24	1.86
16	<i>Ctenodon compactus</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.06	0.14	1.83
17	<i>Acaciella angustissima</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.05	0.11	1.82
18	<i>Ditaxis guatemalensis</i>	1	10	3.03	77.98	2.33	0.02	0.05	1.80
Total		43	330	100	3353	100	43.98	100	100

Transecto 7. Ladera Oeste.

N°	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Acalypha philipes</i>	8	36.36	12.50	668.51	20.51	11.93	21.70	18.24
2	<i>Neopringlea viscosa</i>	6	36.36	12.50	501.38	15.38	10.10	18.37	15.42
3	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	3	27.27	9.38	250.69	7.69	7.87	14.32	10.46
4	<i>Mimosa goldmanii</i>	4	36.36	12.50	334.26	10.26	3.88	7.07	9.94
5	<i>Adelia oaxacana</i>	3	18.18	6.25	250.69	7.69	6.63	12.06	8.67
6	<i>Lysiloma tergeminum</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	6.39	11.62	5.77
7	<i>Justicia pacifica</i>	2	18.18	6.25	167.13	5.13	0.43	0.79	4.06
8	<i>Randia thurberi</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	2.39	4.36	3.35
9	<i>Dendroviguiera guerrerana</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	1.53	2.79	2.83
10	<i>Echinopterys eglandulosa</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	1.12	2.03	2.57
11	<i>Mimosa mollis</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.86	1.57	2.42
12	<i>Hintonia latiflora</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.48	0.88	2.19
13	<i>Ayenia sp.</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.45	0.82	2.17
14	<i>Trixis calcicola</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.27	0.48	2.06
15	<i>Tetramerium glutinosum</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.22	0.39	2.03
16	<i>Justicia candicans</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.13	0.24	1.98
17	<i>Salvia breviflora</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.13	0.24	1.98
18	<i>Ctenodon compactus</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.08	0.15	1.95
19	<i>Chromolaena collina</i>	1	9.09	3.13	83.56	2.56	0.07	0.12	1.94
Total		39	290.91	100	3259	100	54.96	100	100

Transecto 8. Ladera Oeste.

N°	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Acalypha philipes</i>	14	63.64	20.59	1012.14	31.82	12.66	23.59	25.33
2	<i>Randia thurberi</i>	3	27.27	8.82	216.89	6.82	12.31	22.93	12.86
3	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	2	18.18	5.88	144.59	4.55	7.02	13.08	7.83
4	<i>Neoppringlea viscosa</i>	2	18.18	5.88	144.59	4.55	4.54	8.46	6.30
5	<i>Hippocratea volubilis</i>	3	27.27	8.82	216.89	6.82	1.55	2.88	6.17
6	<i>Croton morifolius</i>	3	18.18	5.88	216.89	6.82	0.44	0.81	4.50
7	<i>Dendroviguiera guerrerana</i>	2	18.18	5.88	144.59	4.55	1.11	2.06	4.16
8	<i>Lippia graveolens</i>	3	9.09	2.94	216.89	6.82	1.26	2.35	4.04
9	<i>Vachellia farnesiana</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	3.32	6.19	3.80
10	<i>Lysiloma tergeminum</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	3.07	5.71	3.64
11	<i>Dalembertia populifolia</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	2.36	4.39	3.20
12	<i>Lasiocarpus salicifolius</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	1.80	3.36	2.86
13	<i>Mimosa polyantha</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.83	1.55	2.25
14	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.75	1.39	2.20
15	<i>Bunchosia canescens</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.33	0.62	1.94
16	<i>Perymenium macrocephalum</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.15	0.27	1.83
17	<i>Tetramerium ochoterenae</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.10	0.18	1.80
18	<i>Tetramerium glutinosum</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.06	0.11	1.77
19	<i>Ctenodon compactus</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.03	0.05	1.76
20	<i>Acaciella painteri</i>	1	9.09	2.94	72.30	2.27	0.01	0.02	1.74
Total		44	309.09	100	3181	100	53.68	100	100

Transecto 9. Cima-Norte.

N°	Especie	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	Echinopterys eglandulosa	8	63.64	17.95	307.82	18.18	2.44	7.11	14.41
2	Adelia oaxacana	7	45.45	12.82	269.34	15.91	4.42	12.85	13.86
3	Caesalpinia pulcherrima	3	27.27	7.69	115.43	6.82	8.51	24.76	13.09
4	Randia thurberi	6	45.45	12.82	230.86	13.64	3.49	10.15	12.20
5	Mimosa polyantha	4	27.27	7.69	153.91	9.09	1.11	3.22	6.67
6	Haematoxylum brasiletto	2	18.18	5.13	76.95	4.55	2.62	7.63	5.77
7	Neopinglea viscosa	1	9.09	2.56	38.48	2.27	4.05	11.78	5.54
8	Erythroxylum rotundifolium	2	18.18	5.13	76.95	4.55	2.29	6.65	5.44
9	Croton morifolius	2	18.18	5.13	76.95	4.55	0.31	0.89	3.52
10	Sphinga acatlensis	1	9.09	2.56	38.48	2.27	1.86	5.42	3.42
11	Lantana achyranthifolia	2	18.18	5.13	76.95	4.55	0.15	0.43	3.37
12	Acalypha philipes	1	9.09	2.56	38.48	2.27	1.50	4.36	3.07
13	Mimosa goldmanii	1	9.09	2.56	38.48	2.27	1.22	3.53	2.79
14	Coursetia glandulosa	1	9.09	2.56	38.48	2.27	0.26	0.75	1.86
15	Mimosa mollis	1	9.09	2.56	38.48	2.27	0.08	0.23	1.69
16	Exostema caribaeum	1	9.09	2.56	38.48	2.27	0.06	0.17	1.67
17	Euphorbia schlechtendali	1	9.09	2.56	38.48	2.27	0.02	0.07	1.64
Total		44	354.5	100	1693	100	34.39	100	100

Transecto 10. Cima-Sur.

Nº	Taxón	N	FA	FR	DA	DR	CA	CR	IVI
1	<i>Mimosa mollis</i>	15	90.91	29.41	557.79	34.88	8.48	32.27	32.19
2	<i>Echinopterys eglandulosa</i>	9	45.45	14.71	334.67	20.93	4.15	15.79	17.14
3	<i>Crescentia alata</i>	2	18.18	5.88	74.37	4.65	6.94	26.42	12.32
4	<i>Mimosa polyantha</i>	4	36.36	11.76	148.74	9.30	1.61	6.12	9.06
5	<i>Vachellia campechiana</i>	2	18.18	5.88	74.37	4.65	1.15	4.37	4.97
6	<i>Carlowrightia arizonica</i>	2	18.18	5.88	74.37	4.65	0.96	3.67	4.73
7	<i>Mimosa goldmanii</i>	2	18.18	5.88	74.37	4.65	0.57	2.17	4.24
8	<i>Croton morifolius</i>	2	18.18	5.88	74.37	4.65	0.20	0.76	3.77
9	<i>Senna wislizeni</i>	1	9.09	2.94	37.19	2.33	1.45	5.52	3.59
10	<i>Acalypha philipes</i>	1	9.09	2.94	37.19	2.33	0.55	2.08	2.45
11	<i>Dendroviguiera guerrerana</i>	1	9.09	2.94	37.19	2.33	0.11	0.41	1.89
12	<i>Bursera aptera</i>	1	9.09	2.94	37.19	2.33	0.09	0.33	1.86
13	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1	9.09	2.94	37.19	2.33	0.03	0.10	1.79
Total		43	309.09	100	1599	100	26.28	100	100



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00245

Matrícula: 2223803890

Composición florística y estructura de árboles y arbustos de la selva baja caducifolia del Cerro "La Cazuela", Tlaucingo, Puebla, México.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 16 del mes de diciembre del año 2025 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. ROSAURA GRETHER GONZALEZ
DRA. SUSANA ADRIANA MONTAÑO ARIAS
M. EN B. EDUARDO CHIMAL SANCHEZ
DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ



FRANCISCO ALAIN ONOFRE VIVAR
ALUMNO

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN BIOLOGÍA

DE: FRANCISCO ALAIN ONOFRE VIVAR

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

aprobar

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

DRA. EDITH ARENAS RIOS

PRESIDENTA

DRA. ROSAURA GRETHER GONZALEZ

VOCAL

DRA. SUSANA ADRIANA MONTAÑO ARIAS

VOCAL

M. EN B. EDUARDO CHIMAL SANCHEZ

SECRETARIA

DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE
HERNANDEZ