



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

RIQUEZA, ESTRUCTURA Y CARBONO AÉREO DE LA FLORA LEÑOSA DE
UN BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO EN LA HUACANA, MICHOACÁN.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

ATZALAN RODRÍGUEZ GUZMÁN

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. ALIN NADYELY TORRES DÍAZ

Los Reyes Iztacala, Edo de México, 2018





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Durante el curso de varios años de investigación de la vida de las plantas. Me he impresionado constantemente con las similitudes entre la organización y desarrollo de las plantas y la vida humana. Nunca he perdido el principio de la supervivencia del más apto y que todo ello implica una explicación del desarrollo y progreso de la vida de una planta, encontré en la mezcla de especies y en la selección directa, un gran y poderoso instrumento para la transformación del reino vegetal a lo largo de líneas que conducen a un crecimiento constante. Pero la mera mezcla de especies acompañada de selección, supervisión concientizada, cuidado inteligente y la mayor paciencia, no es probable que resulte en algo bueno, y puede resultar en un gran daño. Esfuerzos sin organización es en ocasiones más vicioso en sus tendencias.

Parafraseando a LUTHER BURBANK en "The training of the human plant", 1907.

Agradecimientos

A mis maestros de todos los grados, cada uno de ellos me ha enseñado y he aprendido cosas diferentes que me han llevado a donde me encuentro, les agradezco el tiempo que invirtieron para lograr que, aunque sea un poco de su conocimiento quedara en mí. Pero sobre todo reconozco a mi asesora Alin Nadyely Torres Díaz, su excelente trabajo en el salón de clases que me convenció a dedicarme a la botánica, por aceptarme como su estudiante a pesar de mis fallas y no ser un estudiante modelo y por la paciencia y su ayuda para terminar este proyecto.

A los profesores Doctor Oswaldo Tellez Valdez; sus contribuciones a mi trabajo me permitieron mejorarlo y conocer nuevas herramientas. Maestra Leonor Ana María Abundiz Bonilla quien me apoyó durante todo el proyecto en su cubículo. Maestra Liliana Elizabeth Rubio Licona cuya perspectiva permitió enriquecer mis conocimientos y aportar nuevas ideas a este propósito. Maestra María Edith Lopez Villafranco quien siempre tuvo oídos para mí y me ofreció un espacio dentro del herbario.

A la maestra Rosalinda Medina Lemus del Instituto de Biología, especialista del género *Bursera*, su apoyo en este grupo me ayudó a la culminación de mi trabajo.

Dedicatorias

A mis familiares principalmente a mis padres; a mi madre Dolores Guzmán Lechuga, que siempre me animó incondicionalmente, esperando de mí no perfección sino siempre ser una excelente persona y un mejor ser humano capaz de contribuir positivamente a la sociedad donde vivimos, a mi padre Enrique Rodríguez Razo por su forma de quererme y apoyarme a su manera recta y distante.

A la familia Peñaloza, que me abrieron las puertas de su casa y me recibieron en su familia como uno más, agradezco a Adán Peñaloza (“Tío Chocorrol”) y a su esposa por permitirme trabajar en su propiedad y a mis amigos Darío Peñaloza y Ari Peñaloza por ayudarme a trasladarme y además apoyarme en los muestreos junto con Ricardo Maya.

A mi compañera de vida, Luz Elena Gómez Aguilar, que siempre está para mí, que ha tenido la paciencia de conocerme y amarme, gracias a ella he conseguido muchos de mis objetivos y espero que juntos logremos más. Te amo.

A mis amigos de carrera, y todas las amistades que me han dado palabras de aliento, cada día de mi vida he aprendido algo y no siempre lo asimilé en un aula, algunas lecciones de la vida se aprenden cometiendo muchos errores con los amigos, agradezco a todos ellos por su inigualable amistad y las experiencias buenas y malas que hemos vivido juntos.

Ahora que esta etapa ha llegado a su fin puedo decir con satisfacción que me encuentro en un camino de procesos de aprendizaje, donde aún quedan montañas se subir, riesgos por tomar y decisiones que ejecutar, gracias a todos ustedes que me ayudaron a madurar y centrarme en este camino donde me encuentro.

Abrazos para todos 😊

Resumen

La biodiversidad juega un papel importante en el mundo, ya que provee bienes y servicios a las personas, además contribuye a la regulación climática, hidrológica, nitrificación del suelo y destaca la captación y acumulación de carbono. Sin embargo, tanto la diversidad como el carbono acumulado son afectados por el cambio de uso de suelo de forestal a urbano, agrícola y pecuario. En la actualidad únicamente 93 millones de hectáreas pertenecen a la vegetación natural, quedando únicamente 46.6% de la superficie original.

El bosque tropical caducifolio (BTC) contiene 36% del carbono almacenado y tiene una alta diversidad (6,000 especies) y endemismos (50%), a pesar de esto es de los ecosistemas más amenazados debido a las actividades agropecuarias, incendios provocados, introducción de especies (flora y fauna), extracción de las mismas y demandas de agua que aumentan por el crecimiento exponencial de la población. En la actualidad únicamente 1, 381,76 de ha de esta vegetación se encuentran dentro del programa de Áreas Naturales Protegidas, por otro lado existe el pago de servicios ambientales o bonos de carbono.

Identificar áreas de elevada diversidad y/o acumulación de carbono es el primer paso para establecer estas estrategias, por ello; se establecieron 14 unidades de muestreo de 400 m² en un BTC de la región de la Huacana en el estado de Michoacán, donde se contabilizaron únicamente los individuos arbóreos. La estimación de carbono se llevó a cabo con modelos de biomasa utilizados para individuos completos en el BTC mexicano,

Como resultado se identificaron 4 asociaciones vegetales (asoc 1: *Caesalpinia caladenia*-*Bursera heteresthes*, asoci 2: *Cyrtocarpa procera*-*Bursera crenata*, asoci 3: *Caesalpinia eriostachys*-*C. caladenia*, asoci 4: *Cordia elaeagnoides*-*Cyrtocarpa procera*). Se identificaron 91 especies de 70 géneros y 26 familias, Fabaceae y Burseraceae fueron las más representativas, además se encontraron 20 especies de importancia biológica. El BTC estudiado presenta un promedio de altura, cobertura y área basal normal para este tipo de vegetación en México junto con valores elevados de densidad y D.A.P; mientras que el estrato alto fue el más rico y abundante. Se presenta la composición y estructura de las cuatro asociaciones. En cuanto al carbono aéreo la zona de estudio almacena un máximo y un mínimo de 11,793 y 6,041 Mg de carbono respectivamente, (promedio de 45.26 Mg /ha), un valor alto reportado para este tipo de vegetación en Michoacán.

Se encontró un patrón en el bosque tropical caducifolio del Cerro de la Piñicua; donde lugares con alta riqueza, valores de importancia pequeños (carencia de especies dominantes) y estratos ocupados por una gran cantidad de individuos con distintas frecuencias diámetricas, presentaron un alto contenido de carbono.

Contenido

Agradecimientos	3
Dedicatorias	4
Resumen.....	5
Índice de Figuras	7
Índice ^{de} tablas.....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS PARTICULARES.....	11
MARCO TEÓRICO.....	12
Bosque Tropical Caducifolio.....	12
Diversidad, estructura y composición.....	13
Fijación y acumulación de Carbono aéreo	13
Programas de conservación	14
ZONA DE ESTUDIO.....	16
ANTECEDENTES	20
Composición.....	20
Carbono aéreo acumulado.....	22
MATERIAL Y MÉTODOS.	23
Colecta de datos.....	23
Composición y estructura	24
Carbono aéreo acumulado.....	26
RESULTADOS	27
Flora	27
Asociaciones vegetales.....	29
Valor de importancia por familia	32
Asociación 1 (UM: K, J, G) - <i>Caesalpinia caladenia</i> - <i>Bursera heteresthes</i>	34
Asociación 2 (UM: I, C, H, F, B) - <i>Cyrtocarpa procera</i> - <i>Bursera crenata</i>	36
Asociación 3 (UM: Q, N, M, P, L) - <i>Caesalpinia eriostachys</i> - <i>C. caladenia</i>	39
Asociación 4 (UM: A) - <i>Cordia elaeagnoides</i> - <i>Cyrtocarpa procera</i>	41
Estructura de la vegetación.....	43
Riqueza y diversidad.....	50

Biomasa y Contenido de Carbono.....	51
Relación entre riqueza y contenido de carbono.....	52
DISCUSIÓN.....	54
Flora.....	54
Especies de importancia biológica.....	56
Asociaciones vegetales.....	58
Estructura.....	59
Frecuencias diámtricas.....	60
Diversidad.....	60
Biomasa y Contenido de Carbono.....	61
Relación entre riqueza y contenido de carbono.....	62
CONCLUSIONES.....	63
BIBLIOGRAFIA.....	64
Anexo 1. Listado florístico.....	71

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Línea roja). Basado en información del INEGI (2010b).	17
Figura 2. Altitud de la zona de estudio. Basado en información del INEGI (2010c).....	17
Figura 3. Orientación de la zona de estudio. Basado en información del INEGI (2010c).	18
Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la zona de estudio (Datos obtenidos de SMN-CONAGUA, 2010).	20
Figura 5. Unidades de muestreo dentro del área de estudio (Línea azul). Basado en información del INEGI (2010b).	24
Figura 6. Porcentaje de riqueza de especies de las familias más importantes en el Cerro de la Piñicua.	27
Figura 7. Número de especies de los géneros más representativos en el cerro de la Piñicua.	28
Figura 8. Curva de acumulación de especies con la desviación estándar sobre el valor de S de Chao1.	28
Figura 9. Dendrograma de similitud donde se muestran las unidades de muestreo y su nivel de semejanza entre ellas.....	30
Figura 10. Mapa de orientación del cerro de la Piñicua junto con la ubicación de cada una de las asociaciones vegetales. Basado en información del INEGI (2010c).	31
Figura 11. Mapa de curvas de nivel del cerro de la Piñicua junto con la ubicación de cada una de las asociaciones vegetales. Basado en información del INEGI (2010c).	31
Figura 12. Valor de importancia de las familias en las diferentes asociaciones del Cerro de la Piñicua. Densidad Relativa (D rel), Cobertura Relativa (C rel) y Frecuencia Relativa (F rel).	33

Figura 13. Alturas de todos los individuos de las 4 asociaciones, con sus respectivos valores máximos, mínimos y medias en el estrato alto (EA) y estrato bajo (eb).	44
Figura 14. Cobertura de los individuos de las 4 asociaciones con sus respectivos valores máximos y mínimos en el estrato alto (EA) y estrato bajo (eb).	45
Figura 15. Área basal de todos los individuos en las 4 asociaciones con sus respectivos valores máximos y mínimos.....	46
Figura 16. Diferencias de las medias para la altura, intervalos de confianza de 95% de Tukey	47
Figura 17. Relación altura (m) y área basal (m ²) de los individuos del estrato alto en las cuatro asociaciones.	48
Figura 18. Gráficas de frecuencias del D.A.P de las 4 asociaciones del cerro de la Piñicua.....	49
Figura 19. Se compara el contenido de carbono (CC) estimado, de acuerdo con dos ecuaciones, aplicadas a las 4 asociaciones vegetales en el cerro de la Piñicua.....	51
Figura 20. Contenido de carbono y número de individuos de acuerdo con las frecuencias diámtricas en el Cerro de la Piñicua.....	52
Figura 21. Correlación entre riqueza y contenido de carbono de las 4 asociaciones vegetales del cerro de la Piñicua.....	53
Figura 22. Relación entre riqueza y contenido de carbono entre las 4 asociaciones vegetales del cerro de la Piñicua.....	53

Índice de tablas

Tabla 1. Especies de importancia biológica en el cerro de la Piñicua.....	29
Tabla 2. Valores de la asociación 1 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m ² . Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y Valor de Importancia (VI). *Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el estrato bajo.	34
Tabla 3. Especies de importancia biológica de la Asociación 1.....	36
Tabla 4. Valores de la asociación 2 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m ² . Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y Valor de Importancia (VI). *Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el estrato bajo.	37
Tabla 5. Especies de importancia biológica en la Asociación 2.....	38
Tabla 6. Valores de la asociación 3 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m ² . Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y Valor de Importancia (VI). *Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el estrato bajo.	39
Tabla 7. Especies de importancia biológica en la Asociación 3.....	41
Tabla 8. Valores de la asociación 4 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m ² . Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia	

relativa y Valor de Importancia (VI). *Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el estrato bajo.	42
Tabla 9. Especies de importancia biológica en la Asociación 4.....	43
Tabla 10. Atributos de estructura de las asociaciones vegetales en el cerro de la Piñicua (Cifras en negritas: valores más altos, subrayadas: valores más bajos).....	46
Tabla 11. Valores de diversidad de las asociaciones vegetales en el cerro de la Piñicua (Cifras en negritas: valores más altos, subrayadas: valores más bajos).....	50
Tabla 12. Valores máximos, mínimos y promedio de la Biomasa en el cerro de la Piñicua	51
Tabla 13 Valores de riqueza, área, índice de biodiversidad, número de familias y géneros en distintos Bosques tropicales caducifolios en Michoacán y la vertiente del Pacífico. (Cifras en negritas: valores más altos, cursivas: valores más bajos, subrayados: valores del Cerro de la Piñicua).....	54
Tabla 14 Biomasa y Contenido de Carbono (CC) de algunas zonas en Michoacán, la vertiente del Pacífico y México junto con su precipitación anual promedio, *los datos calculados de CC si no existían se resolvieron a partir de la división de la biomasa entre dos.	62

INTRODUCCIÓN

La superficie de México, aunque solamente representa el 1.5% del área total de la masa continental mundial, se estima que cuenta con el 10% de las plantas y animales terrestres conocidos; su flora se calcula entre 26,000 y 30,000 especies de plantas con flor; pero no solo es rico en cuanto a su variedad de organismos vegetales sino también por su vegetación, casi todos los biomas existentes en el mundo se hallan en nuestro país, desde los bosques tropicales, bosques templados, pastizales y matorrales xerófilos (González, 2004).

La biodiversidad juega un papel importante en el mundo, ya que provee bienes y servicios a las personas; aportan alimentos, combustibles, materiales para construcción, energía, recreación, educación (cultura) y ciencia (Nader y Mateo, 2001). Brinda los recursos básicos a las industrias farmacéuticas, químicas y agrónomas a través del conocimiento etnobotánico; la diversidad genética aporta nuevos conocimientos para la fabricación de modernos productos con la biotecnología y contribuye a la regulación climática, hidrológica y nitrificación del suelo (Balvanera, 2012). Otro de los servicios que destaca, es la captación y acumulación de carbono, esta capacidad ha sido ampliamente estudiada y cobra interés como medida de mitigación ante el cambio climático (Becerril-Piña *et al.*, 2014)

Tanto la diversidad como el carbono acumulado son afectados por el cambio de uso de suelo de forestal a urbano, agrícola y pecuario; el desmonte de la vegetación, sin un manejo forestal, generalmente tiende a la liberación de CO₂ a la atmósfera y a la pérdida del servicio de captación del mismo; además se tiene un efecto negativo en la biodiversidad, al fomentar la pérdida de especies, ecosistemas y fragmentación de hábitats naturales (Sánchez-Velásquez *et al.*, 2002).

Se estima que las especies y ecosistemas de México tienen una alta proporción de riesgo; se calcula que el 17% de las plantas endémicas se encuentran en peligro de extinción (Challenger, 1998). En el *Atlas nacional de México* se registra que en 1980 había un total de 200 millones de hectáreas de vegetación natural y de ellas el 40% estaba casi intacta y sumaba un área de 80 millones de hectáreas; de esta superficie la mitad correspondían a selvas y bosques de dosel cerrado (Challenger, 1998). En la actualidad únicamente 93 millones de hectáreas pertenecen a vegetación natural, quedando únicamente 46.6% de la superficie original (INEGI, 2010g).

El Bosque Tropical Caducifolio (BTC) en México cubre un área de 74, 503 km², que corresponde al 3.78% de su superficie (INEGI, 2010g); se estima que anteriormente este tipo de vegetación ocupaba el ±8% del país (Rzedowski, 1978) y contiene el 36% del

Carbono almacenado en los ecosistemas terrestres (Campbell et al., 2008). Este tipo de vegetación es ampliamente reconocido por su alta diversidad vegetal (6,000 especies) y de endemismos (50%). Sin embargo, también es de los más amenazados (Challenger, 1998), ya que está sometido a fuertes presiones por cambio de uso de suelo para el establecimiento de actividades agropecuarias, incendios provocados, introducción de especies (flora y fauna), extracción de las mismas y demandas de agua (acuíferos y desvío de agua) que aumentan debido al crecimiento exponencial de la población (Ceballos *et al.*, 2010).

Existen pocas estrategias de conservación del BTC en México y en la actualidad únicamente 1, 381,760 de hectáreas cubiertas por esta comunidad vegetal se encuentran protegidas con el programa de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2018). Destacan las Reservas de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo en el estado de Michoacán con 265 mil ha, de Tehuacán-Cuicatlán en Puebla y Oaxaca que abarca casi 500 mil ha de vegetación bien conservada y la de Chamela- Cuixmala en el estado de Jalisco con 13 mil ha; otras 8 áreas protegidas de otras categorías se encuentran en los estados de Oaxaca, Baja California, Guadalajara, Colima, Guerrero y Querétaro (CONANP, 2018).

Otra técnica de conservación es incentivar a los dueños de predios para realizar acciones de conservación, mantenimiento, mejoramiento, restauración o protección en zonas de importancia; algunas instituciones como la CONAFOR ayudan a mitigar y contrarrestar este daño otorgando subsidios a proyectos que realicen acciones sobre la vegetación, el suelo y otros elementos en áreas definidas, con metas específicas de conservación (SEMARNAT, 2018; CONAFOR, 2014).

OBJETIVO GENERAL

Determinar las asociaciones vegetales de las especies leñosas con mayor riqueza y/o carbono aéreo acumulado en el cerro de la Piñicua, municipio de la Huacana, Michoacán.

OBJETIVOS PARTICULARES

Describir la composición y estructura arbórea de las diferentes asociaciones vegetales

Estimar la riqueza de flora leñosa en las diferentes asociaciones vegetales

Reconocer las especies de importancia biológica en el cerro de la Piñicua.

Estimar el contenido de carbono aéreo en las diferentes asociaciones vegetales

MARCO TEÓRICO

Bosque Tropical Caducifolio

El bosque tropical caducifolio (BTC) también conocido como selva baja caducifolia, pertenece al conjunto de bosques propios de regiones de climas cálidos, están dominados por especies arborescentes que pierden sus hojas en la época seca del año durante un lapso variable, pero que, por lo general oscila entre los 5 y los seis meses. En México se desarrolla entre los 0 y 1900 m de altitud, la temperatura media anual es del orden de 20 a 29 °C. Presenta dos estaciones bien marcadas, la lluviosa y la seca, la precipitación anual varía entre 300 y 1800 mm. De acuerdo con la clasificación de Köppen (1948), el tipo de clima más común correspondiente a esta formación vegetal es el Seco cálido. Este tipo de bosque se encuentra en suelos superficiales pedregosos, bien drenados y comúnmente jóvenes; generalmente se localiza sobre las laderas de cerros. Este tipo de vegetación es característica de la vertiente del Pacífico, cubre desde el sur de Sonora y suroeste de Chihuahua hasta Chiapas. (Miranda y Hernández X, 1963; Rzedowski, 2004).

Entre los principales servicios que se obtienen del BTC destacan los de aprovisionamiento como la carne que se obtiene de la caza de venado, iguana, jabalí y algunas palomas; la recolección de frutos, generalmente de algunas cactáceas y fabáceas; la extracción de miel; el aprovechamiento de la madera de varias especies, que aunque no es de interés comercial, se utiliza para la construcción de casas tradicionales y encierros, así como para la fabricación de diversos utensilios locales y como leña; recursos medicinales a través del uso de diversas cortezas y hojas; plantas ornamentales o de importancia ceremonial como es el caso de la plantas del género *Bursera* y, recientemente se ha utilizado especies del género *Jatropha* para la obtención de biocombustibles (Balvanera, 2012; Meave *et al.*, 2012)..

Dado que las especies que habitan este sistema están adaptadas a condiciones de escasez de agua, pueden ser utilizadas para la reforestación y restauración de posibles lugares que sean afectados por el cambio climático, o bien, cuyo suelo esté erosionado (Balvanera *et al.*, 2011).

En cuanto a los servicios de regulación, el bosque tropical caducifolio es importante debido a sus atributos únicos, ofrece suelos fértiles, regulación de la erosión, regulación del clima, a través de la absorción de una proporción importante de la radiación solar que tiene efectos sobre la temperatura y humedad relativa, control de inundaciones, propicia la filtración del agua y alimenta los mantos acuíferos con agua de calidad, en él se lleva a cabo una variedad de interacciones entre bacterias, micorrizas y micro y macro

invertebrados, además de la regularización de la polinización y el control de plagas (Balvanera *et al.*, 2011; Balvanera, 2012).

En cuanto a los servicios culturales del BTC, destaca el turismo, ya que estos lugares ofrecen hermosas vistas y sensaciones de calma, paz y tranquilidad. También tienen una importancia espiritual, ya que diversas culturas encuentran su identidad, una manera de ver el mundo y una forma de vivir en este tipo de vegetación (Balvanera *et al.*, 2011).

Diversidad, estructura y composición

El bosque tropical caducifolio en su estado natural es por lo general una comunidad densa, su altura oscila entre los 5 y 15 m, los árboles comúnmente forman un estrato de altura uniforme, aunque puede existir un piso adicional de eminencias aisladas. Las copas son planas o muy curvas y su anchura generalmente iguala o sobrepasa la altura del árbol. El diámetro de los troncos no sobrepasa los 50 cm, frecuentemente son retorcidos y se ramifican desde la base o a corta altura. La mayoría de las especies tienen cortezas llamativas y exfoliantes, el follaje es color verde claro y predominan las hojas compuestas con foliolos pequeños o en ocasiones las hojas concentradas en rosetas. Los arbustos forman otro estrato abajo del estrato arbóreo, depende de la densidad del dosel y la presencia o ausencia de claros. Las trepadoras y las epífitas son escasas; destacando de las segundas, organismos del género *Tillandsia*. En las fases más secas de este bosque es de llamar la atención el aumento de las cactáceas columnares y candeliformes (Rzedowski, 2004; Trejo., 2005).

Las briofitas y los pteridobiontes son escasos, presentándose a veces especies xerófilas en taludes rocosos, en cuanto a las gimnospermas rara vez pueden encontrarse algunas cicadáceas. Entre las angiospermas destaca por la cantidad de especies, número de individuos y dominancia la familia Fabaceae, seguida por la familia Burseraceae debido a que el género *Bursera* presenta más especies en la región del Balsas lugar donde se ha diversificado. Las especies dominantes con mayor frecuencia en la región del Balsas son: *Amphipterygium adstringens*, *Bursera bipinnata*, *B. copallifera*, *B. glabrifolia*, *B. longipes*, *B. morelensis*, *B. submoniliformes*, *Ceiba parvifolia*, *Conzattia multiflora*, *Cyrtocarpa procera*, *Hauya rusbyi*, *Ipomea* spp. *Lysiloma microphylla* y *Pseudosmodingium perniciosum*. Mientras que las cactáceas columnares o candeliformes más comunes en este tipo de vegetación pertenecen a los géneros: *Cephalocereus*, *Lemaireocereus*, *Neobuxbaumia* y *Pachycereus* (Gentry, 1988; Rzedowski, 2004).

Fijación y acumulación de Carbono aéreo

El carbono es un elemento que se encuentra presente en todos los organismos vivos; los árboles asimilan y almacenan una gran cantidad de carbono a partir de la fotosíntesis,

proceso por el cual se fija de forma natural este elemento y los organismos crecen generando biomasa (Ruíz-Díaz *et al.*, 2007).

La captura de carbono es un importante servicio ambiental que proporcionan los bosques y selvas. Su relevancia es de primer orden porque se relaciona con el cambio climático que hoy afecta la vida en el planeta; a pesar de que la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es el factor principal a donde debe ir encaminado el esfuerzo, la práctica de métodos sostenibles de manejo forestal es una herramienta importante para mitigar el impacto. (Rodríguez-Laguna *et al.*, 2008; Návar, 2014).

Para cuantificar el carbono acumulado es necesario estimar la biomasa; se calcula que aproximadamente 50% de ella corresponde a este elemento. La capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de la población de cada estrato por comunidad vegetal. La biomasa superior al suelo o la biomasa forestal es la materia viva y muerta de árboles y arbustos de pie, en ella, la madera es el componente más importante. Por ello se han desarrollado numerosas ecuaciones que estiman su producción para evaluar la productividad de los ecosistemas y el flujo de energía y nutrientes. La ecuación más común en la literatura, es donde la biomasa aérea se calcula como una función lineal logarítmica del diámetro normal (D) con los coeficientes de escala y pendiente; estos valores se calculan a partir de mínimos cuadrados en regresión lineal. Mientras que las ecuaciones actualizadas contienen el valor de la gravedad específica de la madera (q_w), la altura del dosel (H), la densidad específica (D) o el volumen del árbol (V) como variables independientes; estas últimas son más exactas pero requieren de métodos destructivos para calcular los valores por especie (Gillespie *et al.*, 1990; Brown, 1997; Schulze *et al.*, 2000; Návar, 2009; Návar-Cháidez *et al.*, 2013).

Además, la biomasa es importante por usos comerciales, ya que se ve reflejada en la leña y madera, los productos elaborados a partir de esta última están constituidos, en gran medida por carbono, y se considera almacenado hasta que el producto es quemado o descompuesto (Ordoñez, 1999).

El bosque tropical caducifolio ha sido poco estudiado en cuanto a su contenido de carbono, existen más estudios en México sobre el bosque templado, donde se han enfocado en los ciclos de nutrientes y productividad (Gillespie *et al.*, 1990; Rojo-Martínez *et al.*, 2003).

Programas de conservación

Existen pocos programas en México que promueven la conservación de sus ecosistemas, entre los que se encuentran:

-Apoyos del fondo patrimonial de la Biodiversidad; lo promueve la CONAFOR y otorga pagos por servicios ambientales vinculados a la biodiversidad, la realización de prácticas de manejo adecuadas y el apoyo de asistencia técnica. Únicamente se benefician proyectos ubicados en las zonas elegibles determinadas por la CONAFOR y aprobadas por el Comité Técnico. Es importante acreditar la legal propiedad o posesión y el predio debe tener un mínimo de 5 hectáreas, además de los polígonos georreferenciados de la superficie en donde se aplicarán los apoyos (CONAFOR, 2018a).

-Programa “Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable” (PRONAFOR), otorga pagos por servicios ambientales y lo promueve la CONAFOR. Fomenta la conservación activa de los ecosistemas forestales mediante incentivos económicos a personas propietarias de terrenos que a través de prácticas de buen manejo promuevan la conservación, manejo sustentable de los ecosistemas y fomenten los servicios ambientales. Para ser elegible para este apoyo, se deberá ser propietario de terrenos además de cumplir en tiempo y forma con los requisitos y disposiciones del programa de interés (CONAFOR, 2018b)

En cuanto a las convocatorias que promueven la reducción de gases a la atmósfera se hallan:

-Programa REDD+ (Reducción de Emisiones Derivadas de la Deforestación y la Degradación de los Bosques) por parte de la CONAFOR. A través de convenios internacionales, los países desarrollados asumieron el compromiso; a través de la creación de un fondo, de financiar proyectos que contribuyan simultáneamente a la mitigación y adaptación al cambio climático, a la compra de reducciones certificadas de emisiones de proyectos inscritos en el registro o bien, cualquier otro aprobado por acuerdos internacionales suscritos por México. Para recibir el subsidio, México debe desarrollar un Nivel de Referencia Forestal (NR), después de calcular las emisiones, cada estado recibirá el dinero proporcional y éste a su vez pagará a los dueños de ejidos o propietarios que contribuyan a la reducción de emisiones (CONAFOR, 2014)

-Registro de reducciones certificadas de gases y compuestos de efecto invernadero, a cargo de la SEMARNAT. Les da la posibilidad a personas físicas o morales a inscribir proyectos o actividades que tengan como resultado la mitigación, reducción o absorción de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero. Se debe contar con la descripción de las actividades del proyecto, tecnología implementada, conjunto de actividades, y en proyectos forestales, ubicación geográfica georreferenciada y tipo de vegetación. Además, debe incluir datos de la reducción de emisiones, acciones de reducción, captura de gases de efecto invernaderos, mitigación alcanzada y mitigación total proyectada expresada en toneladas métricas y en toneladas de bióxido de carbono equivalente por año y total (SEMARNAT, 2018)

-Bonos de Carbono; programa llevado por la SEMARNAT. Estos son adquiridos por empresas u organizaciones. Por la compra de un Bono de Carbono se evita la emisión a la atmósfera de una tonelada de dióxido de carbono (CO₂). Los países desarrollados tienen un límite en la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que puede emitir a la atmósfera. Cuando estos países sobrepasan este límite, deben comprar Bonos de Carbono a otros países que llevan a cabo acciones a favor de la sustentabilidad y de forma acreditada, para comprobar que están reduciendo las emisiones que el primer grupo de países todavía no ha dejado de emitir (SEMARNAT, 2018)

ZONA DE ESTUDIO

Ubicación: El municipio de la Huacana se encuentra al sur del estado de Michoacán, limita al norte con los municipios de Nuevo Urecho y Ario de Rosales, al este con Turicato, al sur con Churumuco y Arteaga, al oeste con Múgica y Apatzingán; su distancia con Morelia, capital del estado, es de 161 kms (Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, 2015).

El cerro de la Piñicua se sitúa en las coordenadas 19°51'42.112" N y 99°20'9.6" O, tiene una extensión de 985,301.59 m² y se encuentra a una altura de 480 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). Se localiza al centro del municipio de la Huacana y al sur del poblado del mismo nombre, colinda con la presa del Infiernillo al Este, las comunidades cercanas son: Piedra Verde al sureste a una distancia de 1,725 m, El Colorado al noreste a una distancia de 3, 635 m, Zicuirán al norte a una distancia de 8, 230 m y el Limoncito al oeste a una distancia de 7, 727 m (INEGI, 2010b).

Fisiografía: La zona de estudio tiene una altitud promedio de 480 msnm, siendo la máxima de 720 msnm y la mínima de 280 msnm (Figura 2). Se encuentra en la región fisiográfica Costa del Pacífico, dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia de la Cordillera Costera del Sur, pertenece al sistema de topoformas de Sierra Alta Compleja (INEGI, 2010b). Se caracteriza por líneas de montañas con altitud mayor que el entorno geográfico, múltiples formas del terreno y rocas de origen diverso. Su pendiente oscila entre los 44 y los 68° (INEGI, 2010c). La mayor parte del terreno tiene una orientación sur-sureste y solo una parte central y una pequeña zona al sur del cerro tiene una orientación noreste, una mínima parte presenta una orientación hacia el Oeste (Figura 3) (INEGI, 2010c).

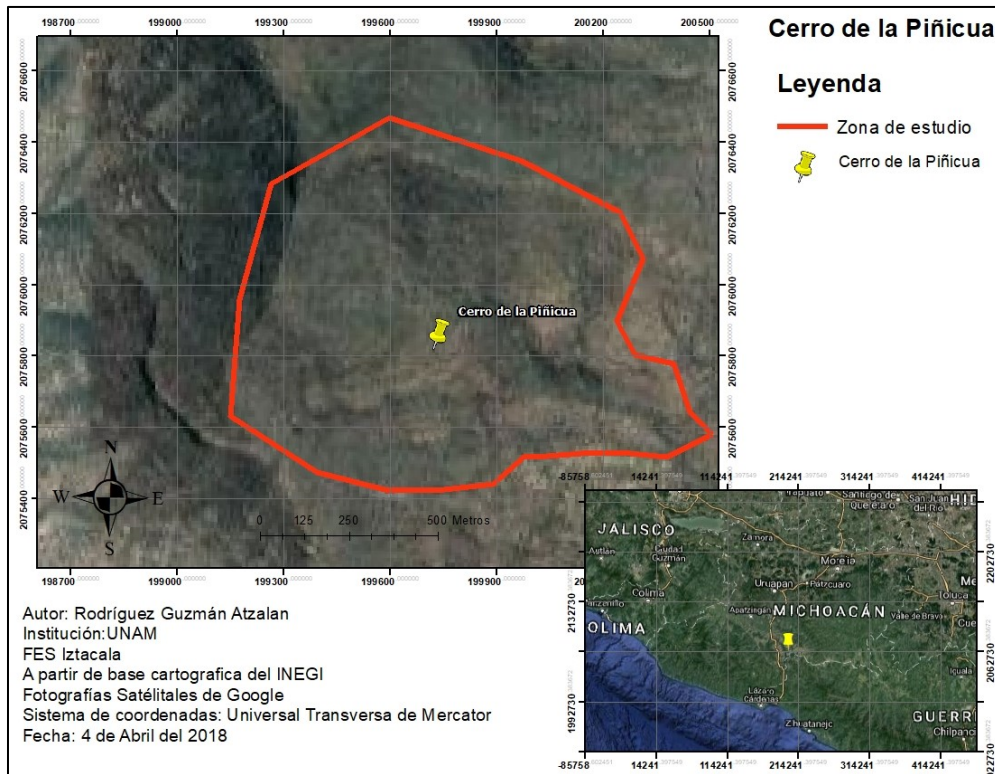


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Línea roja). Basado en información del INEGI (2010b).

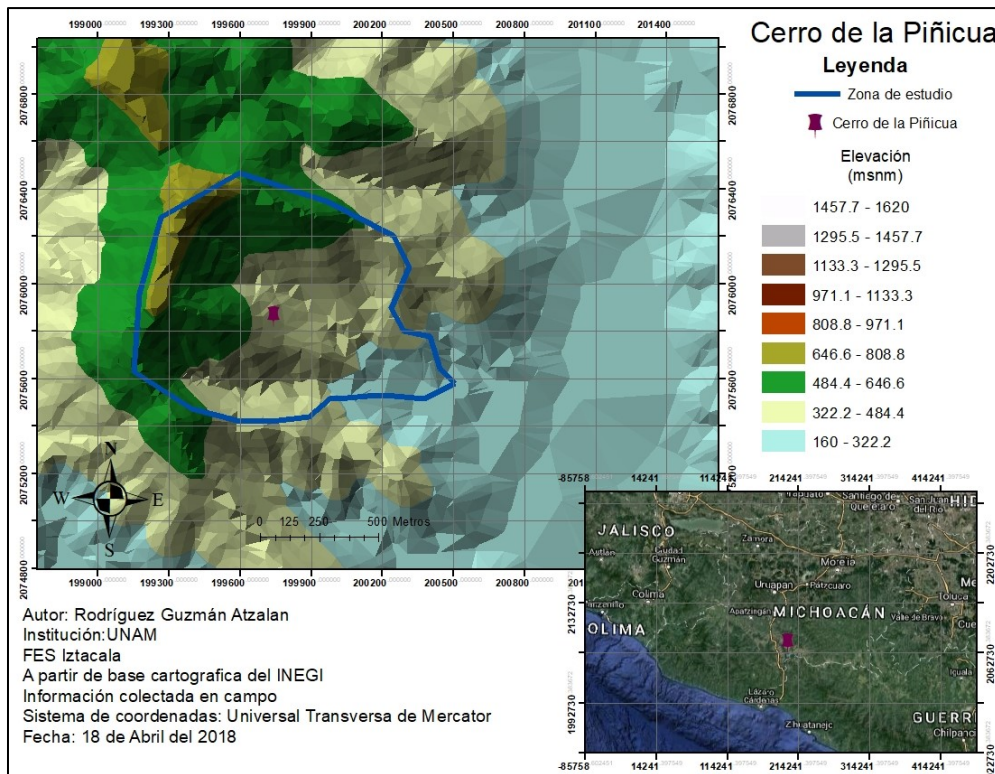


Figura 2. Altitud de la zona de estudio. Basado en información del INEGI (2010c).

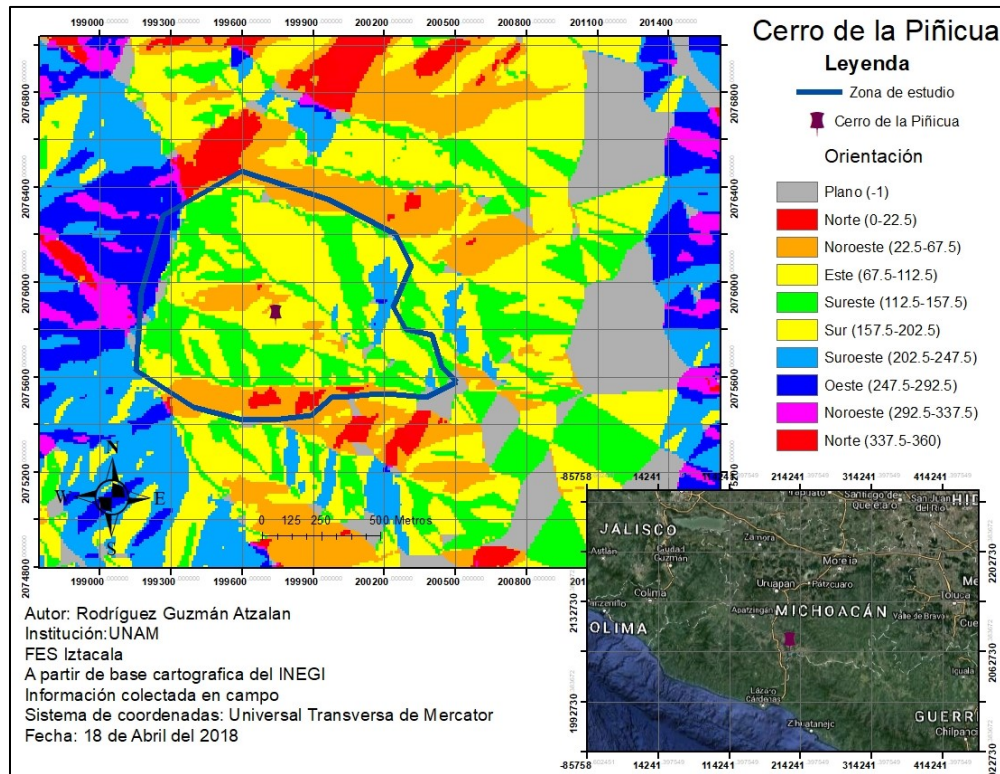


Figura 3. Orientación de la zona de estudio. Basado en información del INEGI (2010c).

Geología: El tipo de roca que prevalece en la zona es Ignea extrusiva que pertenece a la era del Mesozoico y tiene una edad de 145 millones de años, este tipo de roca abarca el 100% de la zona de estudio (INEGI, 2010d). En el pasado; durante el Jurásico se encontraba un portal conocido como Portal de Balsas que comunicaba los mares de la cuenca central con los del eugeosinelinal del Pacífico. Los estudios geológicos recientes han encontrado gruesos espesores de rocas clásticas al oeste de Michoacán, algunas de ellas son lutitas filíticas carbonosas, lo cual ratifica la condición de cuencas someras para esta parte del país (López-Ramos, 1981).

Edafología: En el sitio de estudio hay dos tipos de suelo, Feozem háplico que ocupa el 90% del terreno (886,771.43 m²) y en menor cantidad Regosol eútrico que solo ocupa un 10% en la zona baja de la zona de estudio (INEGI, 2010e).

El feozem proviene del griego *phaeo*: pardo; y del ruso *zemljá*: tierra, se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes; son de profundidad muy variable, cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, los menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con

más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. Háptico se refiere a suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo, proviene del griego *haplos*: simple.

El regosol del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca, tiene poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí; en general, son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen; frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Eutrico se refiere a suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos pobres, proviene del griego *eu*: bueno. (INEGI, 2010e).

Hidrología: La zona de estudio pertenece a la Cuenca del Balsas, dentro de la subcuenca Balsas-Infiernillo. Existen diferentes escurrimientos anuales en la zona de estudio que desembocan en el arroyo de la Piñicua y que se encuentra a 780 m de la zona de estudio, el arroyo desemboca en la Presa del Infiernillo; esta presa forma parte del sistema hidroeléctrico de la cuenca del Río Balsas, construída para captar agua para la generación de energía eléctrica, aprovechamiento para el riego y como medio para el control de avenidas en el estado de Michoacán y estados colindantes (CONABIO, 2010).

Clima: El tipo de clima es Semiárido Cálido (BS1/h*) w, con una temperatura media anual mayor de 22°C, la temperatura del mes frío es mayor a los 18°C, con lluvias en verano y con un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (INEGI, 2010f). Los meses más cálidos son mayo y junio, mientras que los más fríos son enero y diciembre. La temperatura máxima oscila entre los 42°C y los 44°C y la mínima entre los 12°C y los 14°C. La temperatura media anual es de 28°C, y la precipitación anual varía entre los 700 y los 1000 mm. Los meses con más lluvias corresponden de junio a septiembre y los menos lluviosos de enero a abril (Figura 2). La niebla solo se presenta 0.2 días al año, el granizo 0.5 días al año y las tormentas eléctricas 3.5 días al año (SMN-CONAGUA, 2010).

Vegetación: La información del INEGI (2010) indica que la vegetación potencial de la zona de estudio es el bosque tropical caducifolio, de acuerdo con datos de la misma institución el cerro de la Piñicua actualmente, está cubierto por bosque tropical caducifolio sin erosión apreciable, ni vegetación secundaria (INEGI, 2010g).

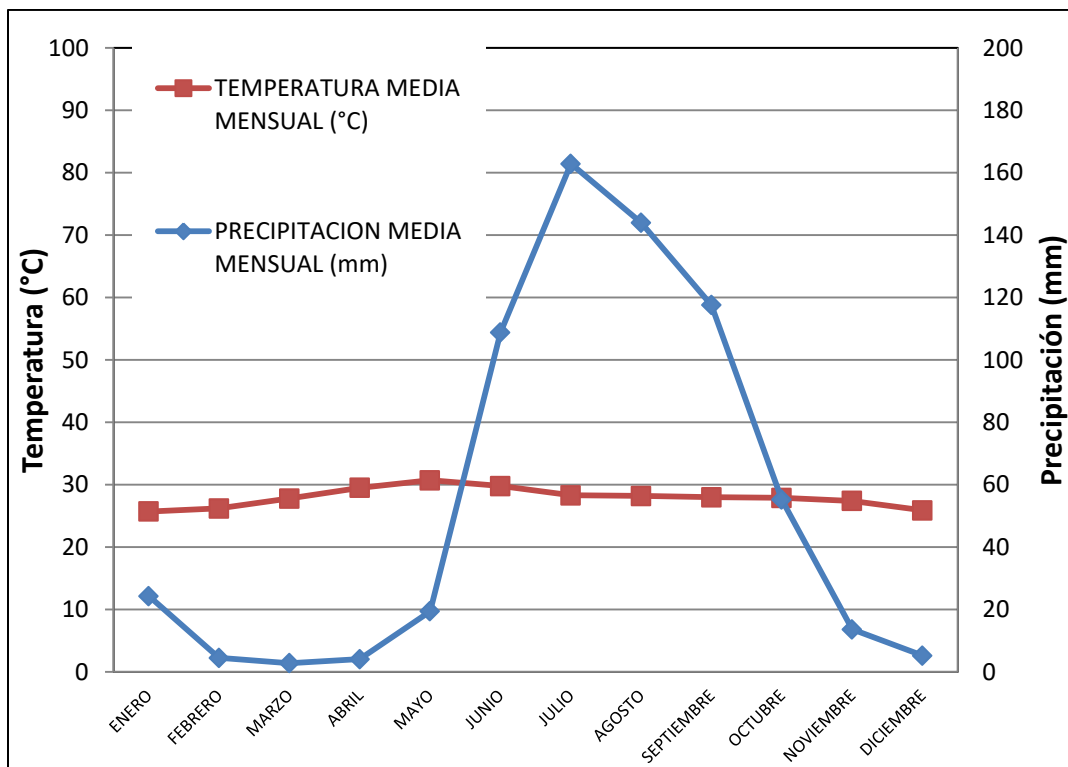


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la zona de estudio (Datos obtenidos de SMN-CONAGUA, 2010).

Aspectos socioeconómicos: La localidad más cercana con un mayor tamaño de la población es Zicuirán, con un total de 3,215 personas. La población masculina es mayor con 1,612 mientras que las mujeres suman 1,603. La población es relativamente joven ya que 1,917 (59%) personas tienen entre 15 y 64 años, mientras que los jóvenes entre 18 y 24 años solamente son 403 (12.5%).

El 13.3% (430 personas) no cuentan con estudios, mientras que el grado promedio de escolaridad es de 5.9. La población económicamente activa suma 990 y a su vez 2,119 de la población no tiene derecho a servicios de salud. La actividad primaria de la región es la agricultura y en menor proporción la ganadería (INEGI, 2010a).

ANTECEDENTES

Composición

García- Pineda *et al.* (2007) describieron la composición florística, la riqueza y la diversidad de un bosque tropical caducifolio en la provincia florística Cuenca del Balsas. Se registraron un total de 1,456 individuos, pertenecientes a 82 especies, 52 géneros y 24 familias. Leguminosae fue la familia con mayor número de especies y de individuos. Los

géneros más diversos fueron *Bursera* (Burseraceae) y *Cordia* (Boraginaceae) con 9 y 4 especies, respectivamente.

Zacarías-Eslava *et al.* (2011) estudiaron la composición, estructura y diversidad de la vegetación presente en el cerro El Águila, Michoacán. Se reconocieron fisonómicamente cinco tipos de vegetación. Se identificaron 46 especies agrupadas en 33 géneros y 21 familias. Los bosques tropical caducifolio y de *Quercus deserticola* tuvieron los valores más bajos de altura promedio (< 5 m) y área basal (17.8 y 26 m²/ha, respectivamente), pero una mayor densidad de individuos. En contraste, los bosques de *Q. rugosa* y de *Quercus-Pinus* presentaron la menor densidad, pero los valores mayores de altura promedio (> 11 m) y área basal (> 40 m²/ha). La diversidad fue mayor en el bosque tropical caducifolio ($S=23$ y $\alpha =5.4$) y menor en el de *Quercus-Pinus* ($S= 13$ y $\alpha= 2.71$). En general, los tipos de vegetación mostraron diferentes especies dominantes y una alta diversidad beta.

Martínez-Cruz *et al.* (2013) caracterizaron la estructura y diversidad en tres sitios con bosque tropical caducifolio (BTC) y uno con bosque tropical subcaducifolio (BTS) en lo que ahora es la presa Francisco J. Mujica en la depresión del Balsas, Michoacán. Se censaron 947 individuos que incluyen 93 especies, 70 géneros y 32 familias (88 especies arbóreas y 5 lianas). En el BTC y BTS se censaron 54 y 39 especies, respectivamente. En ambos tipos de vegetación el componente arbóreo fue el dominante, ya sea por el número de especies, de individuos o el área basal. La familia Fabaceae presentó la mayor riqueza (26), área basal (7.36 m²), número de individuos (200) y número de troncos (422); otras familias importantes en alguna de estas variables son Euphorbiaceae y Rubiaceae. De acuerdo con el índice de importancia en el BTC las especies relevantes son *Cordia elaeagnoides* (Boraginaceae), *Cyrtocarpa procera* (Anacardiaceae), *Handroanthus impetiginosus* (Bignoniaceae), *Manihot tomatophylla* (Euphorbiaceae) y *Sideroxylon celastrinum* (Sapotaceae), mientras que para el BTS destacan *Combretum farinosum* (Combretaceae), *Enterolobium cyclocarpum* (Fabaceae), *Ficus spp.* (Moraceae) y *Piper scabrum* (Piperaceae).

Mendez-Toribio *et al.* (2014) describieron la composición, estructura y diversidad de los árboles del bosque tropical caducifolio en Tziritzicuaró, municipio de La Huacana, en la Depresión del Balsas, Michoacán. Se registraron 78 especies, incluidas en 50 géneros y 24 familias. La familia Fabaceae fue la más importante respecto a su número de especies (24), géneros (14) e individuos (274). En total se registraron 1,013 individuos y 2,313 tallos. Los valores promedio del área basal, cobertura y altura fueron de 0.18 m², 310 m² y 5 m, respectivamente.

Carbono aéreo acumulado

Martínez- Yrizar *et al.* (1992) determinaron la biomasa aérea de un bosque tropical caducifolio en Chamela, Jalisco, la biomasa estimada fue de 85 Mg ha⁻¹; este resultado está entre los valores más altos de un bosque tropical caducifolio con características climatológicas estacionales similares. Además, establecieron el que la biomasa puede ser predicha primero por la función del área basal ($R^2=0.88$), después por la función de gravedad de la madera específica ($R^2=0.91$), y finalmente por la inclusión de la función de altura del árbol en la regresión ($R^2=0.92$). Concluyeron que cada nueva variable independiente explica una varianza significativa en la estimación de la biomasa.

Martínez- Yrizar *et al.* (1995) calcularon la producción neta primaria de un bosque tropical caducifolio sin perturbar en la región de Chamela, Jalisco. Concluyeron que en promedio, la producción neta primaria aérea del bosque es de 6,822 kg ha⁻¹ al año.

Jaramillo *et al.* (2003) calcularon el contenido de carbono aéreo en la región de Chamela, Jalisco. Concluyeron que el bosque tropical caducifolio tiene un promedio de biomasa viva total de 69.70 Mg ha⁻¹.

Rodríguez-Laguna *et al.* (2008) estimaron la cantidad de carbono presente en la biomasa aérea y su distribución en el bosque tropical subcaducifolio dentro de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas. Calcularon en el bosque tropical subcaducifolio 94.6 t C ha⁻¹, de las cuales 68.5 t (72.4%) se encuentran almacenadas en fustes, ramas y hojas, en raíces se encuentran 13.7 t (14.4%), en hojarasca se almacenan 10.8 t (11.4%), mientras que en renuevos y necromasa se almacenan 0.9 y 0.7 t (menos del 1%) de C ha⁻¹ respectivamente.

Vargas *et al.* (2008) realizaron un cálculo de la acumulación del carbono en una cronocecuencia del bosque tropical subcaducifolio afectado por el fuego en la reserva ecología "El Edén", Quintana Roo. El contenido de carbono aéreo se estimó de 0.05 a 72 Mg C ha⁻¹ en fracciones del bosque afectadas por incendios hace 1- 29 años y un bosque maduro. Presentándose un incremento de carbono acumulado al aumentar la edad del bosque.

Becerril-Piña *et al.* (2014) desarrollaron ecuaciones alométricas para determinar el contenido de carbono de la biomasa aérea en la región semiárida de Guanajuato en la Cuenca de Dolores Hidalgo; estudiaron las especies *Prosopis laevigata*, *Acacia farnesiana* y algunas herbáceas representativas. Concluyeron que los ecosistemas semiáridos del centro de México tienen un promedio de 11 Mg C ha⁻¹.

Corona-Nuñez *et al.* (2018) cuantificaron y asignaron los factores naturales responsables de la distribución de la biomasa aérea y en consecuencia calcularon el carbono fijado en

bosques naturales secos en Oaxaca. Estudiaron un 14% del bosque seco total en Oaxaca, donde la biomasa se distribuyó normalmente con un promedio de $117 \pm 5 \text{ Mg ha}^{-1}$, los valores más altos fueron relacionados a la disponibilidad del agua.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Colecta de datos

A través de imágenes de Google Earth se eligieron los lugares de muestreo (Figura 3). Se establecieron 14 Unidades de Muestreo (UM), abarcando un área total de $5\,600 \text{ m}^2$. Cada UM tuvo un tamaño de 400 m^2 y consistió en cuatro subunidades de muestreo a manera de transectos de $50\text{m} \times 2\text{m}$ colocados de forma paralela y con una distancia entre ellos de 10 m. A lo largo de cada transecto se diferenciaron dos estratos: alto y bajo; para el estrato alto se contabilizaron todos los individuos leñosos con una altura mayor a los 2 metros y un PAP mínimo de 15 cm, en el estrato bajo se consideraron todos los individuos leñosos menores a estas dimensiones. Además, se tomaron en cuenta dentro del estrato bajo a las especies del género *Mammillaria* por su importancia biológica.

De cada UM se tomaron los siguientes datos: fecha, id de la UM y del transecto, coordenadas y altitud. Además, de cada especie censada se colectó un ejemplar de herbario de acuerdo con los métodos propuestos por Lot y Chiang (1986) y se registraron los siguientes datos: id del organismo, estrato (alto o bajo), altura, perímetro a la altura del pecho (PAP), radio de la copa, y presencia de hojas y/o flores y/o frutos.

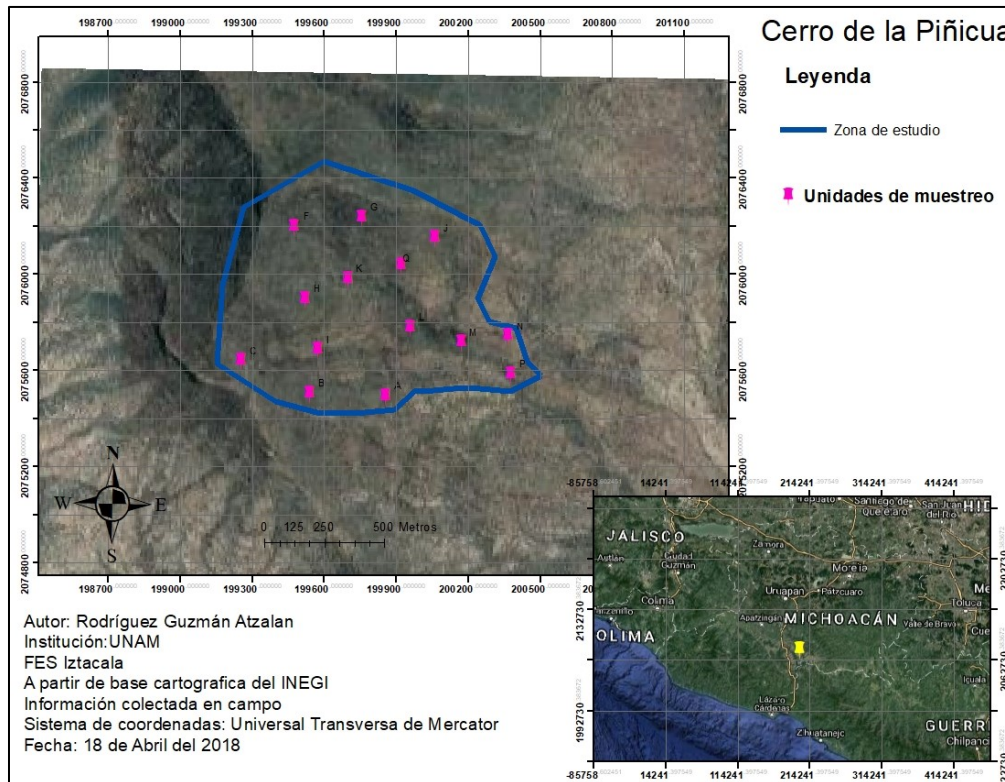


Figura 5. Unidades de muestreo dentro del área de estudio (Línea azul). Basado en información del INEGI (2010b).

Composición y estructura

Para generar el listado florístico, cada organismo recolectado se identificó taxonómicamente con ayuda de bibliografía especializada (Flora del Bajío y regiones adyacentes, 2018; Flora de Guerrero, 2011; The trees of Sonora, 2001; Flora Novogaliciana, 1985), corroboración en el herbario MEXU y con ayuda de especialistas. El listado se contrastó con listas de protección de especies, se utilizó la NOM-059-SEMARNAT-2010, CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y la lista roja de la IUCN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza). Las muestras recolectadas fueron debidamente entregadas al finalizar el trabajo al herbario IZTA.

Para estimar el total de especies en el área de estudio, se utilizó el modelo de Chao (1984), este modelo funciona bajo el supuesto de que a entre más especies raras haya, mayor será el número de especies que quedan por aparecer en el inventario:

$$Chao1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde: S = número de especies en una muestra

a = número de especies que están representados por un único individuo

b = número de especies representados por dos individuos en la muestra

Para determinar las asociaciones vegetales se realizó un análisis de similitud de Bray y Curtis (1957) con el programa Multivariate Statistical Package, donde, la similitud entre dos unidades de muestreo se mide a partir de la abundancia de las especies, comparando dos lugares muestreados y cuyo cálculo se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$C_N = \frac{2jN}{(N_a + N_b)}$$

Donde: N_a y N_b = número de individuos en la unidad de muestreo a y b , respectivamente, $2jN$ = a la suma de las abundancias de las especies con menor número de individuos en ambas unidades de muestreo (Magurran, 2004).

Para comparar la riqueza entre las diferentes asociaciones y dado que el número de taxa es dependiente del área de muestreo en forma logarítmica (Squeo *et al.*, 1998), se calculó el índice de diversidad taxonómica:

$$B = \frac{n_1}{\ln A_1}$$

Donde: n_1 = número de especies

$\ln A_1$ = logaritmo natural del área de la unidad vegetal (en m^2)

Para describir la estructura de las asociaciones vegetales se consideró la altura promedio y el valor de importancia relativo para cada especie (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Krebs, 1978; Kent y Coker, 1994), el cual se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$VIR = \frac{(FR+DR+CR)}{3}$$

Donde: FR = frecuencia relativa

DR = densidad relativa

CR = cobertura relativa

La estructura diamétrica de las plantas se analizó a partir del cálculo de sus frecuencias, además, mediante un ANOVA se comparó el área basal y la altura entre las asociaciones, para conocer si existen diferencias significativas entre ellas, en caso positivo se aplicó la prueba de Tukey.

- Diversidad alfa (α):

Se calculó para todo el cerro de la Piñicua y para cada asociación con el modelo de Simpson (1949):

$$D = \sum \frac{n_i[n_i-1]}{N[N-1]}$$

Donde: n_i = número de individuos de la i -ésima especie

N = es el número total de individuos.

- Diversidad beta (β):

Se evaluó a partir de la complementariedad entre las distintas asociaciones, se consideró el número de especies exclusivas de cada asociación y el número total de especies de las asociaciones analizadas (Villareal *et al*, 2004).

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

Donde: $S_{AB} = a + b - c$ y $U_{AB} = a + b - 2c$.

a = número de especies en el sitio A

b = número de especies en el sitio B

c = número de especies en común o compartidas entre los sitios A y B .

- Diversidad Gamma (γ)

Se empleó la siguiente fórmula (Schluter y Ricklefs 1993):

$\text{Gamma} = \text{diversidad alfa promedio} \times \text{diversidad beta} \times \text{dimensión de la muestra}$

Dónde: *Diversidad alfa promedio* = número promedio de especies en una asociación

Diversidad beta = Inverso de la dimensión específica, es decir,
 $1/\text{número promedio de unidades de muestreo ocupadas por una especie}$

Dimensión de la muestra = número total de unidades muestreadas.

El valor que se obtiene está expresado en número de especies, y está relacionando tanto con la diversidad alfa y beta, así como el número de unidades de muestreo tomadas en cuenta en el análisis.

Carbono aéreo acumulado

Para el cálculo de la biomasa se consideraron ecuaciones alométricas utilizadas para individuos completos en bosques tropicales caducifolios de México; estas ecuaciones estiman las relaciones dadas entre la biomasa y alguna de sus dimensiones obtenida en un muestreo directo como las citadas por Martínez-Yrizar *et al.* (1992), Gómez (2008), Rodríguez *et al.* (2008) y Nívar (2009, 2010); a cada ecuación se le aplicó una prueba de coeficiente de determinación (R^2) entre las variables independientes y dependiente, de acuerdo con los resultados, los modelos de Nívar (2009) y de Martínez-Yrizar *et al.* (1992) tuvieron un mejor ajuste ($R^2=0.53$ y 0.69 , respectivamente), por lo que fueron utilizados para estimar la biomasa aérea de la zona de estudio.

- Modelo de Nívar (2009): $\text{Biomasa (kg)} = [0.0841] * [DBH^{2.41}]$, donde DBH = diámetro a la altura del pecho en cm.
- Modelo de Martínez-Yrizar *et al.* (1992): $\text{Biomasa (kg)} = 10^{(-0.523 + LOG(BA))}$, donde BA = área basal del tronco en cm^2 .

A partir del cálculo de la biomasa se resolvió el contenido de carbono; dividiendo el resultado de biomasa entre 2; ya que diversos autores (Smith *et al.*, 1993; Montoya *et al.*, 1995; MacDicken, 1997; Husch, 2001) coinciden que, en promedio, la materia vegetal seca contiene 50% de carbono.

La biomasa contenida en toda la zona de estudio estimada por cada ecuación se obtuvo a través del modelo simple al azar y se realizó un prueba t-student para saber si existían diferencias significativas entre los resultados obtenidos de cada ecuación.

Finalmente se realizó un análisis de correlación siguiendo la ecuación de Karl Pearson entre la riqueza, la diversidad y el carbono aéreo estimado (Office, 2018).

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

$r =$ Coeficiente producto – momento de correlación lineal

$$x = X - \bar{X}; y = Y - \bar{Y}$$

RESULTADOS

Flora

Se identificaron 91 especies, 70 géneros y 26 familias (Anexo 1), de las cuales destacan por su representatividad: Fabaceae (27 spp), Cactaceae (12 spp), Burseraceae (cinco spp) y Euphorbiaceae (cinco spp) (Figura 6). Los géneros con mayor cantidad de especies fueron *Bursera* (cinco spp), *Stenocereus* (cuatro spp) y *Pachycereus* (tres spp) (Figura 7).

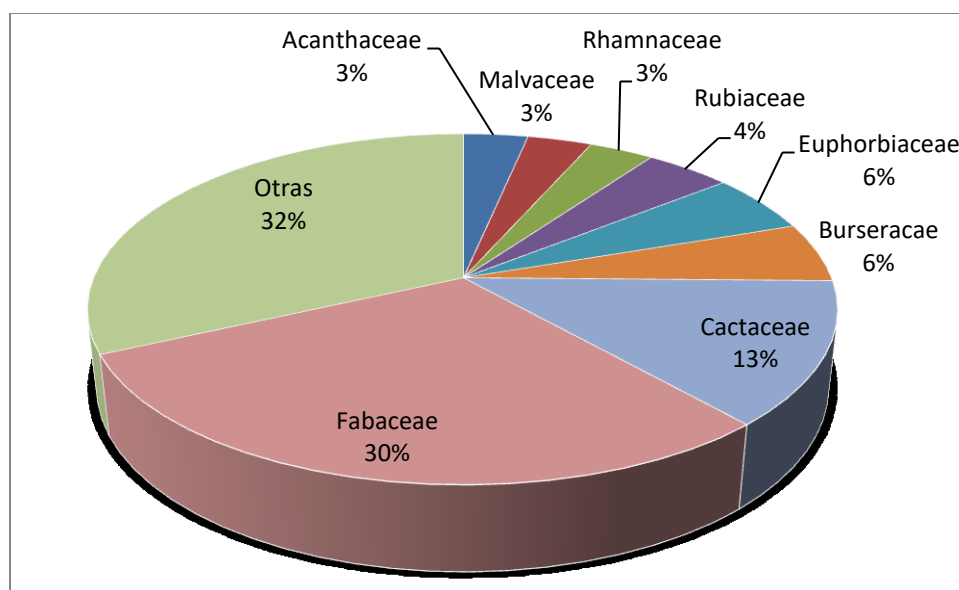


Figura 6. Porcentaje de riqueza de especies de las familias más importantes en el Cerro de la Piñicua.

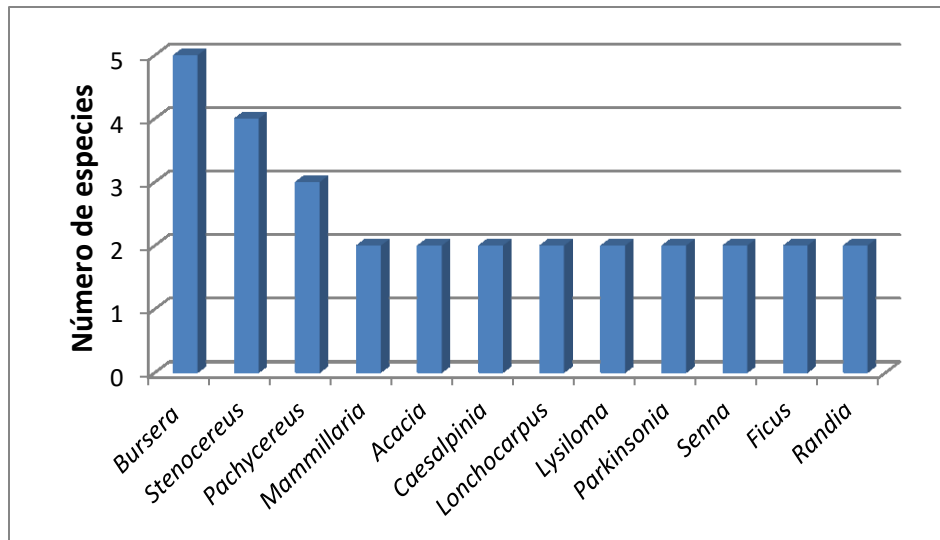


Figura 7. Número de especies de los géneros más representativos en el cerro de la Piñiua.

En el censo levantado se registraron 78 especies, de acuerdo con la curva de acumulación de especies y el estimador de Chao, la estimación de riqueza en la zona es de 87.38 especies, por lo que el muestreo abarca el 89.3% de las especies esperadas (Figura 8). Cabe mencionar que en las colectas realizadas fuera de las unidades de muestreo se registraron 13 especies más, para dar un total de 91 especies enlistadas en este trabajo.

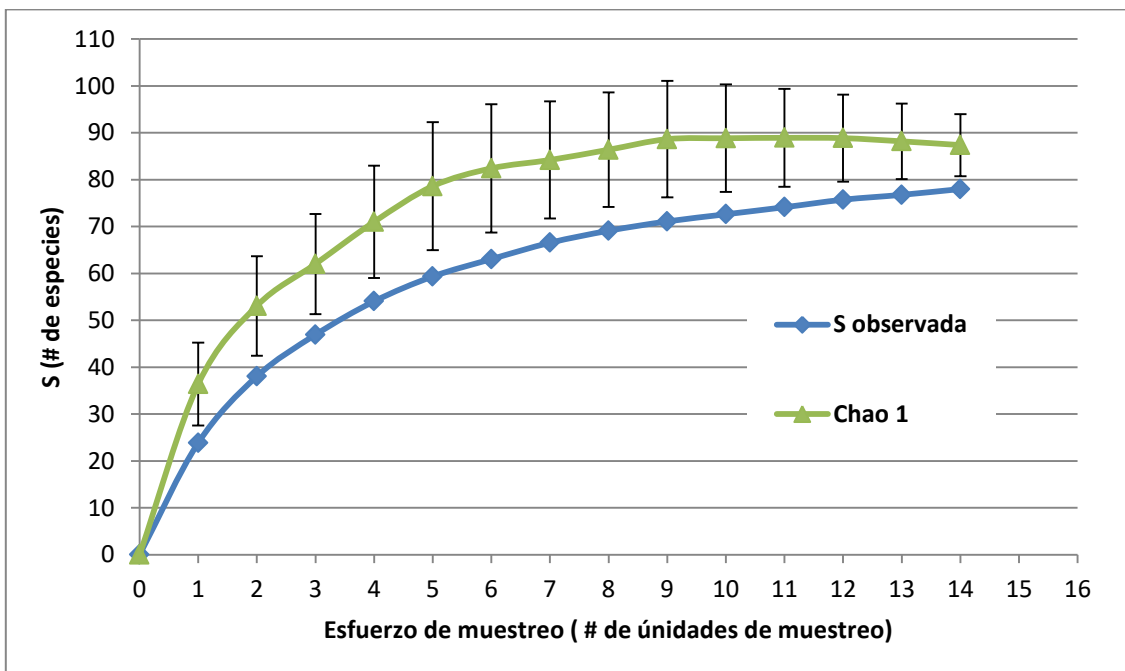


Figura 8. Curva de acumulación de especies con la desviación estándar sobre el valor de S de Chao1.

De acuerdo con la forma de crecimiento el estrato alto fue más rico que el estrato bajo, con 49 y 40 especies respectivamente. Se encontraron 20 especies de importancia biológica, tres están protegidas a nivel federal por la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos de ellas bajo la categoría de sujetas a protección y una más amenazada- endémica. Otras 12; todas de la familia de las cactáceas, están reguladas por las CITES (2017). Y 15 son consideradas por la IUCN (2017), de éstas; una está en peligro, una es vulnerable, una con riesgo bajo, nueve bajo preocupación menor, una presenta decaimiento y dos presentan estado desconocido. Además, cuatro son endémicas del estado de Michoacán (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de importancia biológica en el cerro de la Piñicua.

Distribución: Endémico (E), México (Mex), Amplia distribución (AD).

Estatus de protección: NOM059-SEMARNAT-2010 (NOM059)- Amenazada (A*), Sujetas a protección (PR), Lista roja de la IUCN (2017) (IUCN)- En peligro (EN), Vulnerable (VU), Riesgo bajo (LR), Baja preocupación (LC), Estado desconocido (UNKNOW), Decaimiento (DRECREASING) CITES (2017) (CITES).

Familia/Especie	Forma de Vida	Distribución	Estatus de protección
BIGNONIACEAE <i>Tabebuia impetiginosa</i>	Árbol	AD	IUCN- LC/ NOM-059-A
CACTACEAE <i>Mammillaria backebergiana</i>	Arbusto	Mex	CITES/IUCN- UNKNOW/ NOM 059-PR
CACTACEAE <i>Mammillaria schumannii</i>	Arbusto	Mex	CITES/ IUCN- EN
CACTACEAE <i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	Árbol	Mex	CITES/IUCN-LC
CACTACEAE <i>Opuntia joconostle</i>	Árbol	Mex	CITES
CACTACEAE <i>Pachycereus marginatus</i>	Arbusto	Mex	CITES/IUCN- UNKNOW
CACTACEAE <i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Árbol	Mex	CITES/IUCN- LC
CACTACEAE <i>Pachycereus weberi</i>	Arbusto	Mex	CITES/ IUCN- DECREASING
CACTACEAE <i>Peniocereus cuixmalensis</i>	Arbusto	Mex	CITES/ IUCN- VU/ NOM 059-PR
CACTACEAE <i>Stenocereus chrysocarpus</i>	Árbol	Mex	CITES/IUCN-LC
CACTACEAE <i>Stenocereus treleasei</i>	Arbusto	Mex	CITES/IUCN-LC
CACTACEAE <i>Stenocereus quevedonis</i>	Árbol	Mex	CITES/IUCN-LC
CACTACEAE <i>Stenocereus spp.</i>	Arbusto	AD	CITES
EUPHORBIACEAE <i>Manihot tomatophylla</i>	Árbol	E	
EUPHORBIACEAE <i>Pedilanthus coalcomanensis</i>	Arbusto	E	
FABACEAE <i>Prosopis laevigata</i>	Árbol	AD	IUCN- LC
FABACEAE <i>Prosopis mezcalana</i>	Árbol	E	
FABACEAE <i>Senna foetidissima</i>	Árbol	E	IUCN- LC
FABACEAE <i>Zapoteca formosa</i>	Arbusto	AD	IUCN- LC
ZYGOPHYLLACEAE <i>Guaiacum coulteri</i>	Árbol	AD	IUCN-LR/ NOM059-A*

Asociaciones vegetales.

Se censaron un total de 1,463 individuos. El estrato alto fue el dominante con 1,020 individuos; mientras que el estrato bajo se contabilizaron 443. De manera general, el cerro de la Piñicua presenta en su estrato alto una altura promedio de 5m, con una gran cantidad de individuos (densidad promedio = 90.71 ind /500m²) y una cobertura promedio de 1681.75 m²/500 m². La mayoría de los árboles son delgados, el D.A.P promedio es de 10.94 cm, mientras que el área basal total es de 0.3044 m²/500 m².

El análisis de agrupamiento mostró un tipo de vegetación que corresponde a Bosque Tropical Caducifolio con 4 asociaciones diferentes (Figura 9).

-Asociación 1: *Caesalpinia caladenia*- *Bursera heteresthes*.

-Asociación 2: *Cyrtocarpa procera*- *Bursera crenata*.

-Asociación 3: *Caesalpinia eriostachys*- *C. caladenia*.

-Asociación 4: *Cordia elaeagnoides*- *Cyrtocarpa procera*.

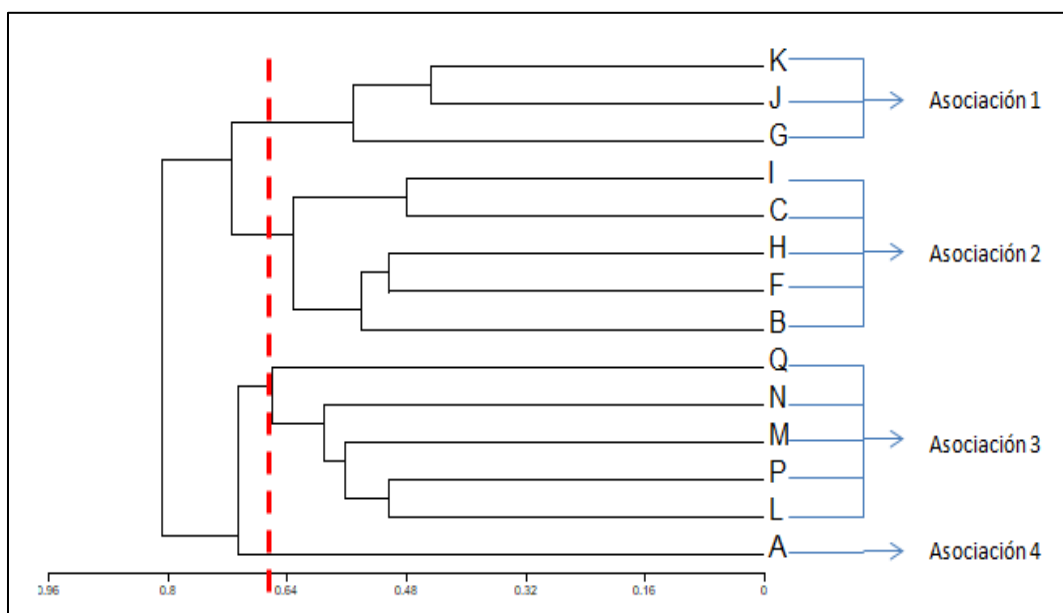


Figura 9. Dendrograma de similitud donde se muestran las unidades de muestreo y su nivel de semejanza entre ellas.

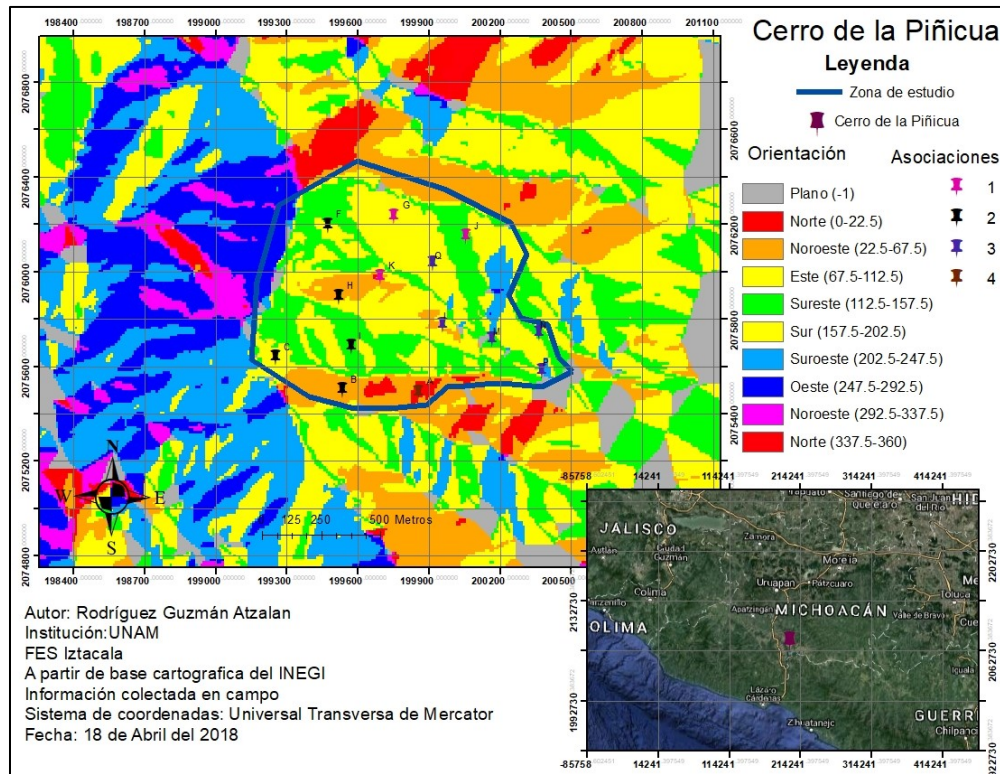


Figura 10. Mapa de orientación del cerro de la Piñicua junto con la ubicación de cada una de las asociaciones vegetales. Basado en información del INEGI (2010c).

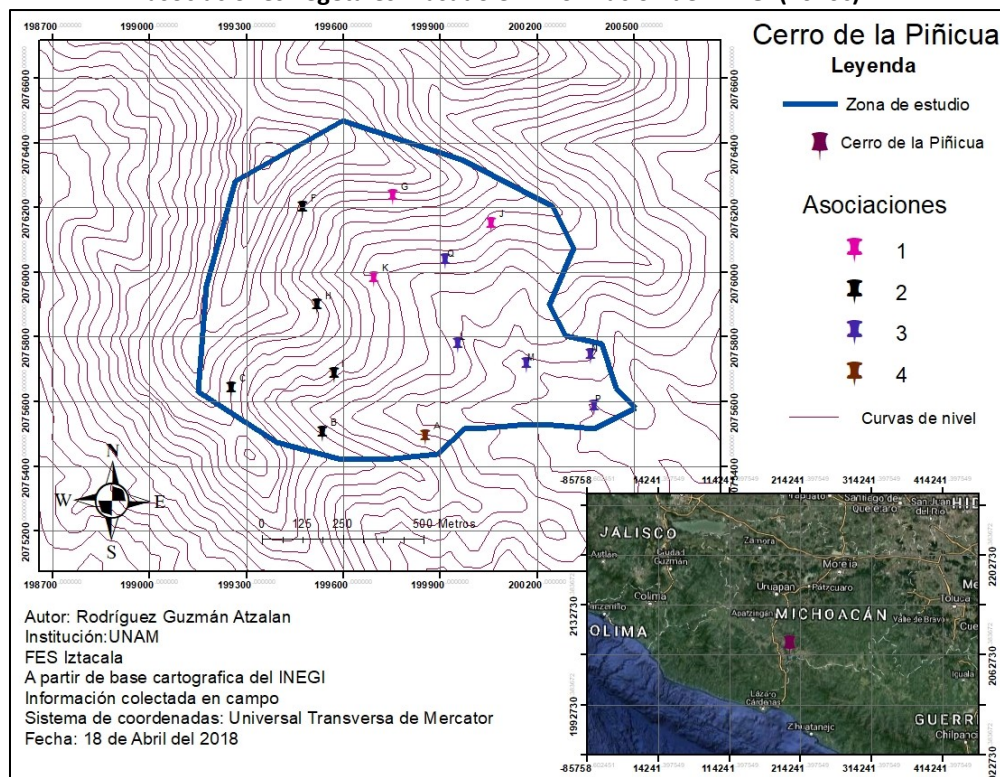


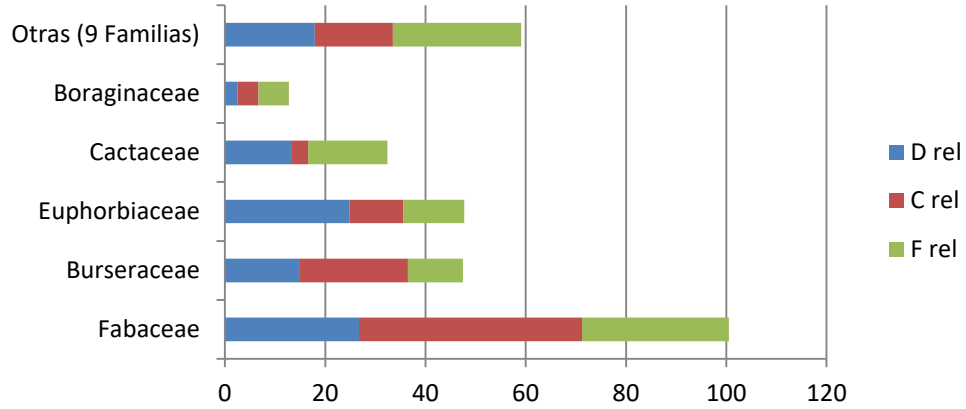
Figura 11. Mapa de curvas de nivel del cerro de la Piñicua junto con la ubicación de cada una de las asociaciones vegetales. Basado en información del INEGI (2010c).

Valor de importancia por familia

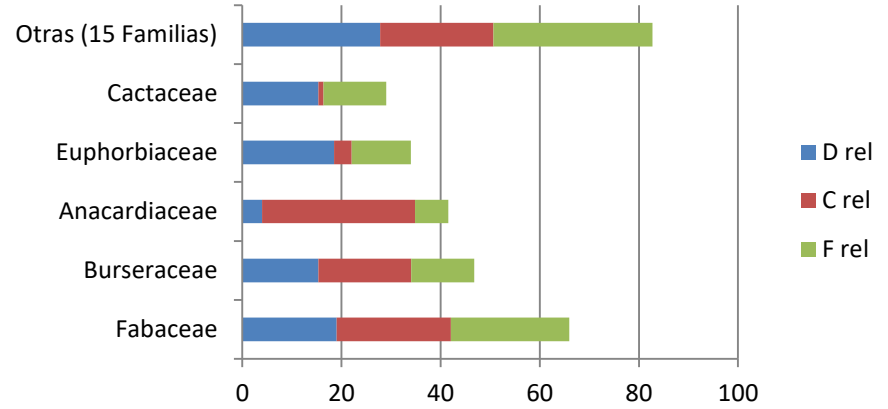
La asociación 2 presentó la mayor riqueza de familias (20) y además tuvo los valores más equitativos entre ellas. Le continúa la asociación 3 con 19 familias y mostró una dominancia de la familia Fabaceae.

Las familias Fabaceae y Burseraceae estuvieron presentes en todas las asociaciones, la primera de ellas es la que presentó mayor valor de importancia, mientras que la segunda solamente resaltó en la asociación 1 y 2. Euphorbiaceae y Cactaceae se encontraron en las asociaciones 1, 2 y 3 en distinto grado de importancia mientras que estuvo ausente en la asociación 4. Otras familias que resaltaron, pero que no fueron constantes en todas las asociaciones fueron Boraginaceae, Anacardiaceae y Rubiaceae (Figura 12).

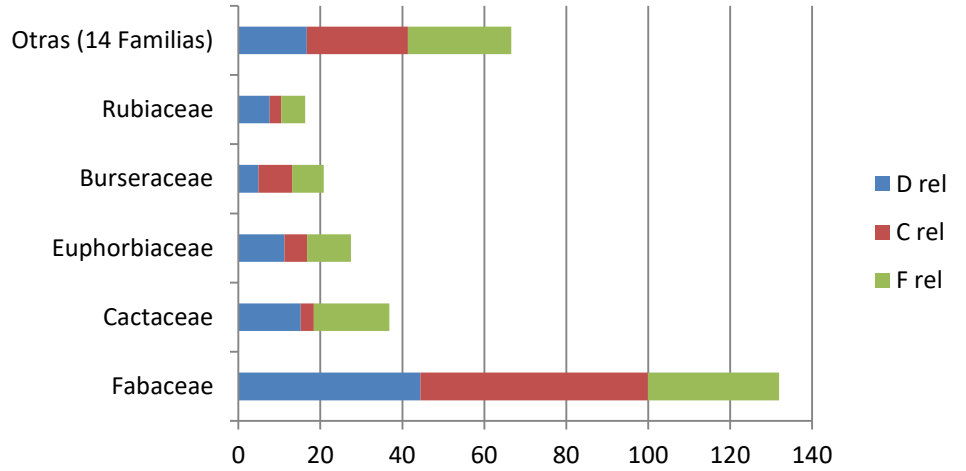
Asociación 1



Asociación 2



Asociación 3



Asociación 4

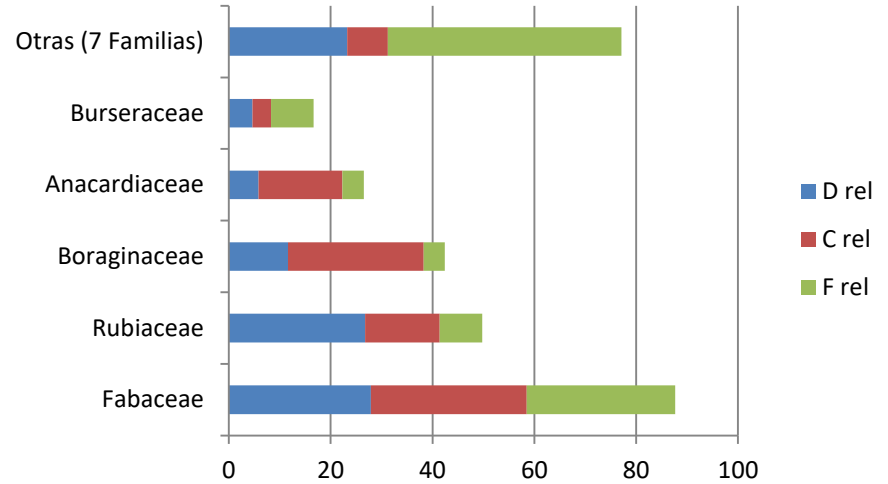


Figura 12. Valor de importancia de las familias en las diferentes asociaciones del Cerro de la Piñicua. Densidad Relativa (D rel), Cobertura Relativa (C rel) y Frecuencia Relativa (F rel).

Asociación 1 (UM: K, J, G) - *Caesalpinia caladenia*- *Bursera heteresthes*.

Esta asociación cubre la parte central y noreste del cerro de la Piñicua, esta zona se caracteriza por presentar una pronunciada pendiente (Figura 11); la riqueza total fue de 45 especies y el estrato alto fue más rico con 41 especies, mientras que el estrato bajo tuvo 17 (Tabla 11). El estrato alto alcanzó los 9.5 m, fue 5 veces más denso que el estrato bajo, ya que presentan 105 ind/500 m² y 26 ind/500 m² respectivamente.

Las copas de los árboles del estrato alto se traslapan y originan una cobertura aérea densa: 1,617 m²/500 m². En el estrato alto no se observó una especie dominante, pero destacan las especies *Caesalpinia caladenia* (VI: 32), *Bursera heteresthes* (VI: 26) y *Croton flavescens* (VI: 13); además de otras acompañantes donde despuntaron fabáceas y algunas cactáceas columnares.

El estrato bajo midió de 0.1 a 2 m, fue un estrato abierto con una cobertura de 22 m²/500m². No existió una dominancia de especies, destacaron *Croton flavescens* (VI: 5) y *Mammillaria backebergiana* (VI: 5).

La mitad de las especies se compartieron entre el estrato alto y bajo; apareciendo individuos juveniles en el estrato bajo y algunos elementos característicos del mismo como varias cactáceas y especies de crecimiento arbustivo.

Las especies de importancia biológica presentes en esta asociación fueron 14, de las cuales ocho corresponden al estrato alto y seis al estrato bajo; la mayoría son cactáceas aunque también están presentes especies endémicas como *Manihot tomatophylla* (VI: 12) y especies en la NOM-059 como *Mammillaria backebergiana* (VI: 5) (Tabla 3).

Tabla 2. Valores de la asociación 1 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m². Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y Valor de Importancia (VI). *Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el estrato bajo.

Nombre científico	Valores promedio en 500 m ²					Valores relativos			VI
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	
ESTRATO ALTO									
<i>Caesalpinia caladenia</i>	7.57	1.74	9.17	362.12	1.00	6.92	22.08	3.66	32.66
<i>Bursera heteresthes</i>	5.67	1.55	12.50	218.72	1.00	9.43	13.34	3.66	26.43
<i>Croton flavescens</i>	3.50	0.86	12.08	27.93	0.67	9.12	1.70	2.44	13.26
<i>Manihot tomatophylla</i>	6.04	1.23	5.42	80.44	1.00	4.09	4.90	3.66	12.65
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	4.16	0.93	7.08	68.78	0.67	5.35	4.19	2.44	11.98
<i>Jatropha dehganii</i>	4.72	1.29	7.50	52.78	0.67	5.66	3.22	2.44	11.32
<i>Mimosa polyantha</i>	6.06	1.96	3.75	76.03	0.67	2.83	4.64	2.44	9.91
<i>Acacia macilenta</i>	4.50	1.00	3.33	58.26	1.00	2.52	3.55	3.66	9.73
<i>Bursera crenata</i>	6.79	0.95	2.92	77.23	0.67	2.20	4.71	2.44	9.35
<i>Cordia elaeagnoides</i>	7.75	1.66	1.67	58.25	1.00	1.26	3.55	3.66	8.47
<i>Bursera aff. fagaroides</i>	5.50	1.05	2.50	42.47	1.00	1.89	2.59	3.66	8.13

Nombre científico	Valores promedio en 500 m ²					Valores relativos			VI
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	
<i>Opuntia joconostle</i>	5.29	1.52	2.92	27.08	1.00	2.20	1.65	3.66	7.51
<i>Gossypium lobatum</i>	4.67	1.75	5.00	18.85	0.67	3.77	1.15	2.44	7.36
<i>Lonchocarpus jaliscensis</i>	9.00	1.00	1.25	56.78	0.67	0.94	3.46	2.44	6.84
<i>Byrsonima crassifolia</i>	5.43	1.54	2.92	69.38	0.00	2.20	4.23	0.00	6.43
<i>Genipa americana</i>	7.50	2.12	0.83	42.62	0.67	0.63	2.60	2.44	5.67
<i>Lysiloma microphyllum</i>	5.33	0.58	1.25	13.91	1.00	0.94	0.85	3.66	5.45
<i>Apoplanesia paniculata</i>	4.80	1.15	2.08	23.57	0.67	1.57	1.44	2.44	5.45
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	6.17	0.76	1.25	40.17	0.33	0.94	2.45	1.22	4.61
<i>Lysiloma tergeminum</i>	6.63	0.48	1.67	32.64	0.33	1.26	1.99	1.22	4.47
<i>Amphipterygium adstringens</i>	6.00	1.96	1.67	31.47	0.33	1.26	1.92	1.22	4.40
<i>Cordia globulifera</i>	3.63	1.11	1.67	9.87	0.67	1.26	0.60	2.44	4.30
<i>Poeppigia procera</i>	5.00	0.00	1.25	24.81	0.33	0.94	1.51	1.22	3.68
<i>Stenocereus spp.</i>	5.90	2.70	2.08	11.94	0.33	1.57	0.73	1.22	3.52
<i>Stenocereus chrysocarpus</i>	5.30	1.10	2.08	9.43	0.33	1.57	0.57	1.22	3.37
<i>Stenocereus treleasei</i>	4.40	2.26	0.83	3.27	0.67	0.63	0.20	2.44	3.27
<i>Senna foetidissima</i>	3.50	0.79	2.08	5.42	0.33	1.57	0.33	1.22	3.12
<i>Bursera sarukhanii</i>	5.00	0.00	0.42	16.04	0.33	0.31	0.98	1.22	2.51
<i>Spondias mombin</i>	4.50	2.12	0.83	8.51	0.33	0.63	0.52	1.22	2.37
<i>Plumeria rubra</i>	8.00	0.00	0.42	9.90	0.33	0.31	0.60	1.22	2.14
<i>Zanthoxylum purpusii</i>	4.50	0.00	0.42	9.90	0.33	0.31	0.60	1.22	2.14
<i>Adelia oaxacana</i>	7.00	0.00	0.42	6.63	0.33	0.31	0.40	1.22	1.94
<i>Pachycereus marginatus</i>	3.15	1.20	0.83	1.37	0.33	0.63	0.08	1.22	1.93
<i>Ayenia micrantha</i>	3.00	0.00	0.83	0.83	0.33	0.63	0.05	1.22	1.90
<i>Randia thurberi</i>	5.00	0.00	0.42	5.24	0.33	0.31	0.32	1.22	1.85
<i>Senna wislizeni</i>	6.00	0.00	0.42	5.24	0.33	0.31	0.32	1.22	1.85
<i>Vernonia pooleae</i>	9.50	0.00	0.42	5.24	0.33	0.31	0.32	1.22	1.85
<i>Deppea cornifolia</i>	7.00	0.00	0.42	2.05	0.33	0.31	0.12	1.22	1.66
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	7.00	0.00	0.42	0.83	0.33	0.31	0.05	1.22	1.58
<i>Achatocarpus gracilis</i>	3.50	0.00	0.42	0.63	0.33	0.31	0.04	1.22	1.57
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	4.00	0.00	0.42	1.25	0.00	0.31	0.08	0.00	0.39
Total ESTRATO ALTO			105.8	1617.8	22.00	79.87	98.64	80.49	259.01
estrato bajo									
<i>Croton flavescens</i>	1.76	0.19	5.00	5.71	0.33	3.77	0.35	1.22	5.34
<i>Mammillaria backebergiana</i>	0.10	0.00	5.00	0.54	0.33	3.77	0.03	1.22	5.03
<i>Byrsonima crassifolia</i>	1.77	0.18	2.92	3.00	0.67	2.20	0.18	2.44	4.82
<i>Eupatorium albicaule</i>	1.55	0.07	2.50	2.71	0.33	1.89	0.17	1.22	3.27
<i>Jatropha dehganii</i>	1.65	0.10	2.50	1.67	0.33	1.89	0.10	1.22	3.21
<i>Stenocereus spp.</i>	1.75	0.35	1.67	0.42	0.33	1.26	0.03	1.22	2.50
<i>Stenocereus treleasei</i>	0.50	0.00	1.25	0.29	0.33	0.94	0.02	1.22	2.18
<i>Gossypium lobatum</i>	2.00	0.00	0.83	1.25	0.33	0.63	0.08	1.22	1.92
<i>Acacia macilenta</i>	1.90	0.14	0.83	0.63	0.33	0.63	0.04	1.22	1.89
<i>Randia thurberi</i>	1.50	0.00	0.42	1.31	0.33	0.31	0.08	1.22	1.61
<i>Bunchosia palmeri</i>	2.00	0.00	0.42	1.25	0.33	0.31	0.08	1.22	1.61
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	2.00	0.00	0.42	0.83	0.33	0.31	0.05	1.22	1.58
<i>Senna foetidissima</i>	2.00	0.00	0.42	0.42	0.33	0.31	0.03	1.22	1.56
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	2.00	0.00	0.42	0.21	0.33	0.31	0.01	1.22	1.55
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	1.50	0.00	0.42	0.13	0.33	0.31	0.01	1.22	1.54
<i>Bursera heteresthes</i>	1.97	0.06	1.25	1.46	0.00	0.94	0.09	0.00	1.03
<i>Achatocarpus gracilis</i>	2.00	0.00	0.42	0.42	0.00	0.31	0.03	0.00	0.34
Total estrato bajo			26.67	22.23	5.33	20.13	1.36	19.51	40.99
Total			132.5	1640.0	27.3	100.0	100.0	100.0	300.0

Tabla 3. Especies de importancia biológica de la Asociación 1. Estatus de protección: NOM059-SEMARNAT-2010 (NOM059)- Amenazada (A*), Sujetas a protección (PR), Lista roja de la IUCN (2017) (IUCN)- En peligro (EN), Vulnerable (VU), Riesgo bajo (LR), Baja preocupación (LC), Estado desconocido (UNKNOW), Decaimiento (DRECREASING) CITES (2017) (CITES).

Nombre científico	Importancia	VI
ESTRATO ALTO		
<i>Manihot tomatophylla</i>	E	12.65
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	IUCN- LC/ NOM-O59-A	4.61
<i>Stenocereus</i> spp.	CITES	3.52
<i>Stenocereus chrysocarpus</i>	CITES/IUCN-LC	3.37
<i>Stenocereus treleasei</i>	CITES/IUCN-LC	3.27
<i>Senna foetidissima</i>	IUCN- LC	3.12
<i>Pachycereus marginatus</i>	CITES/IUCN- UNKNOW	1.93
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	CITES/IUCN-LC	1.58
estrato bajo		
<i>Mammillaria backebergiana</i>	CITES/IUCN- UNKNOW/ NOM 059-PR	5.03
<i>Stenocereus</i> spp.	CITES	2.50
<i>Stenocereus treleasei</i>	CITES/IUCN-LC	2.18
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	IUCN- LC/ NOM-O59-A	1.58
<i>Senna foetidissima</i>	IUCN- LC	1.56
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	CITES/IUCN- LC	1.54

Asociación 2 (UM: I, C, H, F, B) - *Cyrtocarpa procera*- *Bursera crenata*

Esta asociación abarca la parte central oeste del cerro de la Piñicua, donde la mayoría de las asociaciones apuntan hacia el sur y reciben más sol (Figura 10) la riqueza total fue de 54 especies y el estrato alto fue más rico en especies ya que contó con 42, mientras que el estrato bajo solamente contó con 34 (Tabla 11). Ambos estratos tuvieron una densidad cercana, de 108 ind/500m² y 73 ind/500m² respectivamente.

El estrato alto alcanzó los 8 m, presenta una cobertura muy densa de 1,906 m²/500m² ya que las copas de sus árboles se sobreponen; no se presentó una especie dominante, las que tuvieron mayor valor de importancia fueron *Cyrtocarpa procera* (VI: 33) y *Bursera crenata* (VI: 17); asimismo sobresalieron varias especies acompañantes donde predominan algunas Fabáceas, Burseras y varias Cactáceas.

El estrato bajo va de 0.14 a 2 m de altura; es abierto y cubrió 75 m²/500m², donde no dominó ninguna especie, pero *Justicia candidans* (VI: 11), *Mammillaria backebergiana* (VI: 7) y *Peniocereus cuixmalensis* (VI: 7) presentaron los valores más altos.

Existen varias especies que se mostraron en el estrato bajo como individuos juveniles y en el estrato alto se encontraron como individuos adultos; se presentaron algunas especies de cactáceas además de pocas especies con características arbustivas.

Las especies de importancia biológica presentes en esta asociación son 12, de las cuales cinco pertenecen al estrato alto y siete al estrato bajo; la mayoría son cactáceas pero destaca *Tabebuia impetiginosa* (VI: 8) aunque también están presentes especies endémicas como *Manihot tomatophylla* (VI: 1) y *Pedilanthus coalcomanensis* (VI: 7), esta última también está en la NOM-059 junto con *Mammillaria backebergiana* (VI: 7) (Tabla 5).

Tabla 4. Valores de la asociación 2 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m². Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y Valor de Importancia (VI). *Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el

Nombre científico	Valores promedio en 500m ²					Valores relativos			VI
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	
ESTRATO ALTO									
<i>Cyrtocarpa procera</i>	6.35	0.75	2.50	594.40	0.60	1.37	30.00	2.24	33.61
<i>Bursera crenata</i>	4.49	1.65	11.25	182.13	0.60	6.16	9.19	2.24	17.59
<i>Caesalpinia caladenia</i>	5.69	1.64	6.00	156.65	1.00	3.29	7.91	3.73	14.92
<i>Acacia macilenta</i>	4.29	1.49	8.50	101.55	0.80	4.66	5.12	2.99	12.77
<i>Bursera aff. fagaroides</i>	4.77	1.73	7.25	83.01	1.00	3.97	4.19	3.73	11.89
<i>Plumeria rubra</i>	4.68	1.12	9.00	90.94	0.60	4.93	4.59	2.24	11.76
<i>Jatropha dehganii</i>	3.77	1.14	10.25	24.59	1.00	5.62	1.24	3.73	10.59
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	5.54	2.05	4.00	113.78	0.20	2.19	5.74	0.75	8.68
<i>Cordia elaeagnoides</i>	6.44	1.55	2.00	90.42	0.80	1.10	4.56	2.99	8.64
<i>Lysiloma microphyllum</i>	5.75	1.48	5.25	69.26	0.60	2.88	3.50	2.24	8.61
<i>Croton aff. flavescens</i>	3.44	0.96	10.25	27.31	0.40	5.62	1.38	1.49	8.49
<i>Coursetia glandulosa</i>	3.78	1.30	5.75	28.08	1.00	3.15	1.42	3.73	8.30
<i>Bursera heteresthes</i>	4.98	2.13	4.00	66.67	0.20	2.19	3.36	0.75	6.30
<i>Bursera sarukhanii</i>	4.57	0.98	1.75	21.25	0.80	0.96	1.07	2.99	5.02
<i>Forchhammeria pallida</i>	6.60	1.85	1.25	36.72	0.60	0.68	1.85	2.24	4.78
<i>Gossypium lobatum</i>	4.73	1.25	3.25	27.71	0.40	1.78	1.40	1.49	4.67
<i>Stenocereus chrysocarpus</i>	6.00	2.77	1.50	3.24	0.80	0.82	0.16	2.99	3.97
<i>Crossopetalum managuatillo</i>	5.17	0.76	0.75	20.47	0.60	0.41	1.03	2.24	3.68
<i>Amphipterygium adstringens</i>	3.50	0.87	1.75	13.41	0.40	0.96	0.68	1.49	3.13
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	4.40	1.98	1.25	17.92	0.40	0.68	0.90	1.49	3.08
<i>Opuntia joconostle</i>	3.85	1.48	1.50	8.37	0.40	0.82	0.42	1.49	2.74
<i>Piscidia mollis</i>	7.50	0.71	0.50	31.81	0.20	0.27	1.61	0.75	2.63
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	7.67	0.58	0.75	26.11	0.20	0.41	1.32	0.75	2.48
<i>Adelia oaxacana</i>	3.63	0.75	1.00	3.30	0.40	0.55	0.17	1.49	2.21
<i>Havardia aff. acatlensis</i>	6.50	0.71	0.50	6.68	0.40	0.27	0.34	1.49	2.10
<i>sp2</i>	5.00	1.41	0.50	4.37	0.40	0.27	0.22	1.49	1.99
<i>Capparis asperifolia</i>	2.75	0.35	0.50	1.89	0.40	0.27	0.10	1.49	1.86
<i>Cordia globulifera</i>	4.50	2.12	0.50	1.73	0.40	0.27	0.09	1.49	1.85
<i>Randia thurberi</i>	4.00	0.91	1.00	10.65	0.20	0.55	0.54	0.75	1.83
<i>Ayenia micrantha</i>	4.50	0.71	0.50	0.38	0.40	0.27	0.02	1.49	1.79
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	4.50	2.12	0.50	0.02	0.40	0.27	0.00	1.49	1.77
<i>Wimmeria pubescens</i>	3.00	0.00	0.50	11.98	0.20	0.27	0.60	0.75	1.62
<i>Jacaratia mexicana</i>	7.50	0.00	0.25	11.04	0.20	0.14	0.56	0.75	1.44
<i>Mimosa polyantha</i>	6.50	0.71	0.50	8.05	0.20	0.27	0.41	0.75	1.43
<i>Manihot tomatophylla</i>	3.10	1.27	0.50	5.03	0.20	0.27	0.25	0.75	1.27
<i>Poeppigia procera</i>	7.00	0.00	0.25	3.14	0.20	0.14	0.16	0.75	1.04
<i>Apoplanesia paniculata</i>	3.50	0.00	0.25	0.79	0.20	0.14	0.04	0.75	0.92
<i>Byrsonima crassifolia</i>	4.00	0.00	0.25	0.50	0.20	0.14	0.03	0.75	0.91
<i>sp3</i>	3.00	0.00	0.25	0.50	0.20	0.14	0.03	0.75	0.91

Nombre científico	Valores promedio en 500m ²					Valores relativos			
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	VI
<i>Lysiloma tergeminum</i>	4.50	0.00	0.25	0.20	0.20	0.14	0.01	0.75	0.89
<i>Spondias mombin</i>	3.50	0.00	0.25	0.20	0.20	0.14	0.01	0.75	0.89
<i>Pachycereus marginatus</i>	8.00	0.00	0.25	0.20	0.00	0.14	0.01	0.00	0.15
Total ESTRATO ALTO			108.75	1906.43	18.60	59.59	96.21	69.40	225.20
estrato bajo									
<i>Justicia candidans</i>	1.60	0.31	15.00	12.80	0.60	8.22	0.65	2.24	11.10
<i>Mammillaria backebergiana</i>	0.14	0.05	11.50	1.43	0.40	6.30	0.07	1.49	7.87
<i>Peniocereus cuixmalensis</i>	0.87	0.42	9.00	3.43	0.60	4.93	0.17	2.24	7.34
<i>Croton aff. flavescens</i>	1.73	0.28	7.75	6.34	0.60	4.25	0.32	2.24	6.81
<i>Opuntia joconostle</i>	1.38	0.27	2.00	3.13	0.40	1.10	0.16	1.49	2.75
<i>sp4</i>	1.50	0.28	3.25	2.80	0.20	1.78	0.14	0.75	2.67
<i>Gossypium lobatum</i>	1.95	0.10	1.00	7.57	0.40	0.55	0.38	1.49	2.42
<i>Bursera crenata</i>	1.58	0.42	1.50	1.13	0.40	0.82	0.06	1.49	2.37
<i>Aphelandra madrensis</i>	1.50	0.00	1.00	1.00	0.40	0.55	0.05	1.49	2.09
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	1.68	0.47	2.25	1.50	0.20	1.23	0.08	0.75	2.05
<i>Pedilanthus coalcomanensis</i>	1.50	0.44	0.75	0.95	0.40	0.41	0.05	1.49	1.95
<i>Bursera heteresthes</i>	1.77	0.25	0.75	0.50	0.40	0.41	0.03	1.49	1.93
<i>Plumeria rubra</i>	1.90	0.10	0.75	0.40	0.40	0.41	0.02	1.49	1.92
<i>Acacia macilentia</i>	1.85	0.23	2.00	1.05	0.20	1.10	0.05	0.75	1.90
<i>Amphipterygium adstringens</i>	1.78	0.21	1.75	2.08	0.20	0.96	0.10	0.75	1.81
<i>Jatropha dehganii</i>	1.66	0.35	2.75	2.73	0.00	1.51	0.14	0.00	1.64
<i>Bursera sarukhanii</i>	1.40	0.22	1.25	16.30	0.00	0.68	0.82	0.00	1.51
<i>Coursetia glandulosa</i>	1.83	0.24	1.25	1.08	0.20	0.68	0.05	0.75	1.49
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	1.83	0.24	1.00	3.53	0.20	0.55	0.18	0.75	1.47
<i>Pachycereus marginatus</i>	1.40	0.00	1.00	0.08	0.20	0.55	0.00	0.75	1.30
<i>Byrsonima crassifolia</i>	1.20	0.00	0.75	0.13	0.20	0.41	0.01	0.75	1.16
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	1.00	0.00	0.75	0.08	0.20	0.41	0.00	0.75	1.16
<i>Lysiloma microphyllum</i>	1.90	0.14	0.50	0.45	0.20	0.27	0.02	0.75	1.04
<i>Ayenia micrantha</i>	1.88	0.25	1.75	1.58	0.00	0.96	0.08	0.00	1.04
<i>Bunchosia palmeri</i>	2.00	0.00	0.25	0.50	0.20	0.14	0.03	0.75	0.91
<i>Eupatorium albicaule</i>	1.70	0.00	0.25	0.38	0.20	0.14	0.02	0.75	0.90
<i>Parkinsonia aculeata</i>	2.00	0.00	0.25	0.38	0.20	0.14	0.02	0.75	0.90
<i>Vernonia pooleae</i>	2.00	0.00	0.25	0.25	0.20	0.14	0.01	0.75	0.90
<i>Croton flavescens</i>	1.80	0.00	0.25	0.13	0.20	0.14	0.01	0.75	0.89
<i>Randia obcordata</i>	1.50	0.00	0.25	0.13	0.20	0.14	0.01	0.75	0.89
<i>Randia thurberi</i>	2.00	0.00	0.25	0.63	0.00	0.14	0.03	0.00	0.17
<i>Wimmeria pubescens</i>	1.70	0.00	0.25	0.50	0.00	0.14	0.03	0.00	0.16
<i>Adelia oaxacana</i>	1.50	0.00	0.25	0.15	0.00	0.14	0.01	0.00	0.14
<i>Bursera aff. fagaroides</i>	2.00	0.00	0.25	0.05	0.00	0.14	0.00	0.00	0.14
Total estrato bajo			73.75	75.10	8.20	40.41	3.79	30.60	74.80
Total			182.50	1981.53	26.80	100.00	100.00	100.00	300.00

Tabla 5. Especies de importancia biológica en la Asociación 2. Estatus de protección: NOM059-SEMARNAT-2010 (NOM059)- Amenazada (A*), Sujetas a protección (PR), Lista roja de la IUCN (2017) (IUCN)- En peligro (EN), Vulnerable (VU), Riesgo bajo (LR), Baja preocupación (LC), Estado desconocido (UNKNOW), Decaimiento (DRECREASING) CITES (2017) (CITES).

Nombre científico	Importancia	VI
ESTRATO ALTO		
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	IUCN- LC/ NOM-059-A	8.68
<i>Stenocereus chrysocarpus</i>	CITES/IUCN-LC	3.97
<i>Opuntia joconostle</i>	CITES	2.74
<i>Manihot tomatophylla</i>	E	1.27

Nombre científico	Importancia	VI
<i>Pachycereus marginatus</i>	CITES/IUCN- UNKNOW	0.15
estrato bajo		
<i>Mammillaria backebergiana</i>	CITES/IUCN- UNKNOW/ NOM 059-PR	7.87
<i>Peniocereus cuixmalensis</i>	CITES/ IUCN- VU/ NOM 059- PR	7.34
<i>Opuntia joconostle</i>	CITES	2.75
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	IUCN- LC/ NOM-059-A	2.05
<i>Pedilanthus coalcomanensis</i>	E	1.95
<i>Pachycereus marginatus</i>	CITES/IUCN- UNKNOW	1.30
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	CITES/IUCN-LC	1.16

Asociación 3 (UM: Q, N, M, P, L) - *Caesalpinia eriostachys*- *C. caladenia*.

Esta asociación abarca las laderas este y sureste del cerro de la Piñicua que presentan una pendiente ligera (Figura 11), la riqueza total fue de 54 especies y el estrato alto fue mucho más rico presentando más del doble de especies que el estrato bajo 50 y 23 respectivamente (Tabla 11). El estrato alto alcanzó los 13 m de altura, su densidad fue baja con 65 ind/ 500m², pero su cobertura fue densa con 1,153 m²/500m². Existió una pequeña dominancia en el estrato alto de la familia Fabaceae, con especies como *Caesalpinia eriostachys* (VI: 52), *Caesalpinia caladenia* (VI: 17) y *Desmanthus balsensis* (VI: 17).

El estrato bajo tuvo una altura que va de entre los 0.1 a los 2 m; y su cobertura llegó a los 23 m²/500 m². Destacó la presencia de *Mammillaria schumannii* (VI: 10) acompañada de varias especies de Cactáceas, algunas especies arbustivas y pocos elementos juveniles.

Las especies de importancia biológica presentes en esta asociación fueron 19, de las cuales 11 corresponden al estrato alto y ocho al estrato bajo; la mayoría son cactáceas aunque también están presentes especies endémicas como *Manihot tomatophylla* (VI: 6) y especies dentro de la NOM-059 como *Guaiacum coulteri* (VI: 4) que se encuentra en el estrato alto y el bajo, además de *Mammillaria backebergiana* (VI: 1) (Tabla 7).

Tabla 6. Valores de la asociación 3 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m². Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y Valor de Importancia (VI).

***Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el estrato bajo.**

Nombre científico	Valores promedio en 500 m ²					Valores relativos			VI
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	
ESTRATO ALTO									
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	4.24	2.39	16.50	331.73	0.80	20.06	28.19	3.88	52.13
<i>Caesalpinia caladenia</i>	6.00	1.36	3.75	96.83	1.00	4.56	8.23	4.85	17.64
<i>Desmanthus balsensis</i>	5.44	1.50	4.50	81.77	1.00	5.47	6.95	4.85	17.27
<i>Randia thurberi</i>	3.22	0.82	4.25	14.56	0.80	5.17	1.24	3.88	10.29
<i>Cordia elaeagnoides</i>	6.00	1.47	2.75	56.11	0.40	3.34	4.77	1.94	10.05
<i>Adelia oaxacana</i>	4.42	0.97	3.50	28.63	0.40	4.26	2.43	1.94	8.63
<i>Apoplanesia paniculata</i>	4.64	1.21	2.25	27.16	0.60	2.74	2.31	2.91	7.96
<i>Bursera crenata</i>	5.80	2.15	1.50	35.10	0.40	1.82	2.98	1.94	6.75

Nombre científico	Valores promedio en 500 m ²					Valores relativos			
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	VI
<i>Manihot tomatophylla</i>	6.00	0.94	1.25	26.79	0.60	1.52	2.28	2.91	6.71
<i>Cyrtocarpa procera</i>	13.00	4.24	0.50	60.08	0.20	0.61	5.11	0.97	6.68
<i>Lysiloma microphyllum</i>	6.67	1.53	0.75	34.80	0.40	0.91	2.96	1.94	5.81
<i>Stenocereus quevedonis</i>	6.00	1.61	1.75	19.73	0.40	2.13	1.68	1.94	5.75
<i>Senna foetidissima</i>	4.07	1.51	2.00	17.81	0.20	2.43	1.51	0.97	4.92
<i>Bursera sarukhanii</i>	5.75	3.18	0.50	26.16	0.40	0.61	2.22	1.94	4.77
<i>Mimosa polyantha</i>	4.50	0.41	1.00	18.16	0.40	1.22	1.54	1.94	4.70
<i>Bursera heteresthes</i>	6.40	1.95	1.25	25.28	0.20	1.52	2.15	0.97	4.64
<i>Genipa americana</i>	5.00	0.00	0.75	16.35	0.40	0.91	1.39	1.94	4.24
<i>Acacia macilenta</i>	4.00	1.00	0.75	14.82	0.40	0.91	1.26	1.94	4.11
<i>Guaiacum coulteri</i>	12.00	0.00	0.25	44.18	0.00	0.30	3.75	0.00	4.06
<i>Wimmeria pubescens</i>	4.25	0.96	1.75	8.00	0.20	2.13	0.68	0.97	3.78
<i>Crossopetalum managuatillo</i>	3.25	0.65	1.00	7.13	0.40	1.22	0.61	1.94	3.76
<i>Plumeria rubra</i>	8.50	0.00	0.25	25.97	0.20	0.30	2.21	0.97	3.48
<i>Karwinskia johnstonii</i>	7.25	2.47	0.50	9.47	0.40	0.61	0.81	1.94	3.35
<i>Byrsonima crassifolia</i>	5.00	1.41	0.50	9.08	0.40	0.61	0.77	1.94	3.32
<i>Amphipterygium adstringens</i>	5.35	3.04	0.50	8.34	0.40	0.61	0.71	1.94	3.26
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	5.20	1.82	1.25	9.01	0.20	1.52	0.77	0.97	3.26
<i>Gossypium lobatum</i>	6.00	1.41	0.50	16.65	0.20	0.61	1.42	0.97	2.99
<i>Croton aff. flavescens</i>	2.75	0.42	1.25	4.22	0.20	1.52	0.36	0.97	2.85
<i>Jatropha dehganii</i>	4.75	0.35	0.50	3.46	0.40	0.61	0.29	1.94	2.84
<i>Cordia globulifera</i>	3.68	0.79	1.00	6.82	0.20	1.22	0.58	0.97	2.77
<i>Opuntia joconostle</i>	4.00	0.00	0.50	2.45	0.40	0.61	0.21	1.94	2.76
<i>Croton flavescens</i>	2.75	0.35	0.50	0.50	0.40	0.61	0.04	1.94	2.59
<i>Stenocereus treleasei</i>	5.50	1.29	1.00	3.81	0.20	1.22	0.32	0.97	2.51
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	6.50	0.00	0.25	12.57	0.20	0.30	1.07	0.97	2.34
<i>Senna wislizeni</i>	3.25	0.35	0.50	6.28	0.20	0.61	0.53	0.97	2.11
<i>Bursera aff. fagaroides</i>	9.50	0.00	0.25	9.62	0.20	0.30	0.82	0.97	2.09
<i>Ziziphus sonorensis</i>	4.00	0.00	0.25	7.31	0.20	0.30	0.62	0.97	1.90
<i>Bonellia macrocarpa</i>	3.50	0.00	0.25	7.07	0.20	0.30	0.60	0.97	1.88
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	7.00	0.00	0.25	4.91	0.20	0.30	0.42	0.97	1.69
<i>sp1</i>	8.50	0.00	0.25	4.91	0.20	0.30	0.42	0.97	1.69
<i>Ptelea trifoliata</i>	4.25	1.06	0.50	1.23	0.20	0.61	0.10	0.97	1.68
<i>Spondias mombin</i>	6.00	0.00	0.25	2.41	0.20	0.30	0.20	0.97	1.48
<i>Lonchocarpus jaliscensis</i>	3.00	0.00	0.25	1.77	0.20	0.30	0.15	0.97	1.42
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	7.00	0.00	0.25	1.23	0.20	0.30	0.10	0.97	1.38
<i>Acacia cochliacantha</i>	4.50	0.00	0.25	0.88	0.20	0.30	0.07	0.97	1.35
<i>Achatocarpus gracilis</i>	2.50	0.00	0.25	0.75	0.20	0.30	0.06	0.97	1.34
<i>Coursetia glandulosa</i>	3.00	0.00	0.25	0.63	0.20	0.30	0.05	0.97	1.33
<i>Pachycereus weberi</i>	6.00	0.00	0.25	0.44	0.20	0.30	0.04	0.97	1.31
<i>Cassia hintonii</i>	2.30	0.00	0.25	0.25	0.20	0.30	0.02	0.97	1.30
<i>Stenocereus spp.</i>	7.00	0.00	0.25	0.20	0.00	0.30	0.02	0.00	0.32
Total ESTRATO ALTO			65.50	1153.41	16.40	79.64	98.02	79.61	257.26
estrato bajo									
<i>Mammillaria schumannii</i>	0.10	0.00	5.25	0.50	0.80	6.38	0.04	3.88	10.31
<i>Pachycereus marginatus</i>	1.03	0.68	0.75	0.25	0.60	0.91	0.02	2.91	3.85
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	1.76	0.31	2.00	13.58	0.00	2.43	1.15	0.00	3.59
<i>Senna foetidissima</i>	1.85	0.21	0.75	0.50	0.40	0.91	0.04	1.94	2.90
<i>Croton aff. flavescens</i>	1.90	0.14	1.50	0.78	0.00	1.82	0.07	0.00	1.89
<i>Randia thurberi</i>	1.95	0.11	1.25	2.63	0.00	1.52	0.22	0.00	1.74
<i>Crossopetalum managuatillo</i>	1.70	0.00	0.50	0.50	0.20	0.61	0.04	0.97	1.62
<i>Adelia oaxacana</i>	2.00	0.00	0.50	0.38	0.20	0.61	0.03	0.97	1.61
<i>Lonchocarpus jaliscensis</i>	2.00	0.00	0.25	0.79	0.20	0.30	0.07	0.97	1.34
<i>Salpianthus arenarius</i>	0.50	0.00	0.25	0.75	0.20	0.30	0.06	0.97	1.34
<i>Guaiacum coulteri</i>	1.50	0.00	0.25	0.25	0.20	0.30	0.02	0.97	1.30

Nombre científico	Valores promedio en 500 m ²					Valores relativos			
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	VI
<i>Ptelea trifoliata</i>	1.50	0.00	0.25	0.25	0.20	0.30	0.02	0.97	1.30
<i>Bursera crenata</i>	1.70	0.00	0.25	0.18	0.20	0.30	0.01	0.97	1.29
<i>Bursera heteresthes</i>	1.70	0.00	0.25	0.13	0.20	0.30	0.01	0.97	1.29
<i>Stenocereus treleasei</i>	0.50	0.00	0.25	0.05	0.20	0.30	0.00	0.97	1.28
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	2.00	0.00	0.25	0.03	0.20	0.30	0.00	0.97	1.28
<i>Stenocereus spp.</i>	1.50	0.00	0.25	0.03	0.20	0.30	0.00	0.97	1.28
<i>Mammillaria backebergiana</i>	0.10	0.00	0.25	0.03	0.20	0.30	0.00	0.97	1.28
<i>Wimmeria pubescens</i>	2.00	0.00	0.75	0.38	0.00	0.91	0.03	0.00	0.94
<i>Apoplanesia paniculata</i>	2.00	0.00	0.25	0.88	0.00	0.30	0.07	0.00	0.38
<i>Croton flavescens</i>	1.80	0.00	0.25	0.38	0.00	0.30	0.03	0.00	0.34
<i>Cordia elaeagnoides</i>	2.00	0.00	0.25	0.13	0.00	0.30	0.01	0.00	0.31
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	1.70	0.00	0.25	0.03	0.00	0.30	0.00	0.00	0.31
Total estrato bajo			16.75	23.35	4.20	20.36	1.98	20.39	42.74
Total			82.25	1176.75	20.60	100.00	100.00	100.00	300.00

Tabla 7. Especies de importancia biológica en la Asociación 3. Estatus de protección: NOM059-SEMARNAT-2010 (NOM059)- Amenazada (A*), Sujetas a protección (PR), Lista roja de la IUCN (2017) (IUCN)- En peligro (EN), Vulnerable (VU), Riesgo bajo (LR), Baja preocupación (LC), Estado desconocido (UNKNOW), Decaimiento (DRECREASING) CITES (2017) (CITES).

Nombre científico	Importancia	VI
ESTRATO ALTO		
<i>Manihot tomatophylla</i>	E	6.71
<i>Stenocereus quevedonis</i>	CITES/IUCN-LC	5.75
<i>Senna foetidissima</i>	IUCN- LC	4.92
<i>Guaiacum coulteri</i>	IUCN-LR/ NOM059-A*	4.06
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	CITES/IUCN- LC	3.26
<i>Opuntia joconostle</i>	CITES	2.76
<i>Stenocereus treleasei</i>	CITES/IUCN-LC	2.51
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	IUCN- LC/ NOM-059-A	2.34
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	CITES/IUCN-LC	1.38
<i>Pachycereus weberi</i>	CITES/ IUCN- DECREASING	1.31
<i>Stenocereus spp.</i>	CITES	0.32
estrato bajo		
<i>Mammillaria schumannii</i>	CITES/ IUCN- EN	10.31
<i>Pachycereus marginatus</i>	CITES/IUCN- UNKNOW	3.85
<i>Senna foetidissima</i>	IUCN- LC	2.90
<i>Guaiacum coulteri</i>	IUCN-LR/ NOM059-A*	1.30
<i>Stenocereus treleasei</i>	CITES/IUCN-LC	1.28
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	CITES/IUCN- LC	1.28
<i>Mammillaria backebergiana</i>	CITES/IUCN- UNKNOW/ NOM 059-PR	1.28
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	CITES/IUCN-LC	0.31

Asociación 4 (UM: A) - *Cordia elaeagnoides*- *Cyrtocarpa procera*.

Esta asociación se encuentra en la parte baja y sur del cerro de la Piñicua; con una pendiente ligera y una orientación al norte (Figura 10 y 11) la riqueza total fue de 24 especies y el estrato alto estuvo representando por 23 sp (Tabla 11), su altura llegó hasta los 9m, sus individuos se encontraron separados entre sí, provocando que la densidad del

estrato alto fuera de 86 ind/500m² y su cobertura fuese densa con un valor de 2,049 m²/500m². No dominó una especie en particular pero destacan en el estrato alto *Cordia elaeagnoides* (VI: 42), *Cyrtocarpa procera* (VI: 26) y *Randia thurberi* (VI: 26) además de varias especies acompañantes como algunas Fabáceas y Rubiáceas.

El estrato bajo solamente contó con 9 sp (Tabla 10), presentó una altura entre 1 y 2 m, la densidad fue de 21 sp/500m² y contó con una cobertura abierta de 62 m²/500m². Destacó la presencia de *Randia thurberi* (VI: 11) y *Ayenia micrantha* (VI: 7) que están acompañadas de algunas especies de distintas familias.

La única especie de importancia biológica en esta asociación fue *Senna foetidissima* (VI: 12) y se encontró en el estrato alto.

Tabla 8. Valores de la asociación 4 en el cerro de la Piñicua; acomodados de mayor a menor. Valores de altura promedio, desviación estándar de altura, densidad promedio, cobertura promedio y frecuencia en 500 m². Además de densidad relativa, cobertura relativa, frecuencia relativa y Valor de Importancia (VI). *Valores en negritas: suma total por estrato. *Valores en negritas y subrayados: suma del estrato alto y el estrato bajo.

Nombre científico	Valores promedio en 500 m ²					Valores relativos			VI
	Alt	Alt +/-	D	C	F	D	C	F	
ESTRATO ALTO									
<i>Cordia elaeagnoides</i>	9.35	2.08	12.50	562.05	1.00	11.63	26.62	4.17	42.41
<i>Cyrtocarpa procera</i>	8.90	3.01	6.25	348.52	1.00	5.81	16.51	4.17	26.49
<i>Randia thurberi</i>	4.86	1.49	17.50	209.40	0.00	16.28	9.92	0.00	26.20
<i>Poeppigia procera</i>	6.36	2.70	8.75	169.15	1.00	8.14	8.01	4.17	20.32
<i>Desmanthus balsensis</i>	9.33	1.89	3.75	128.85	1.00	3.49	6.10	4.17	13.76
<i>Senna foetidissima</i>	5.67	1.04	3.75	100.87	1.00	3.49	4.78	4.17	12.43
<i>Caesalpinia caladenia</i>	8.00	5.66	2.50	120.04	1.00	2.33	5.69	4.17	12.18
<i>Genipa americana</i>	6.67	0.29	3.75	87.13	1.00	3.49	4.13	4.17	11.78
<i>Bursera heteresthes</i>	5.33	0.58	3.75	75.59	1.00	3.49	3.58	4.17	11.24
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	3.53	1.05	5.00	32.22	1.00	4.65	1.53	4.17	10.34
<i>Lonchocarpus jaliscensis</i>	8.00	0.00	1.25	55.22	1.00	1.16	2.62	4.17	7.94
<i>Achatocarpus gracilis</i>	7.00	0.00	1.25	41.48	1.00	1.16	1.96	4.17	7.29
<i>Wimmeria pubescens</i>	4.00	0.00	2.50	10.51	1.00	2.33	0.50	4.17	6.99
<i>Byrsonima crassifolia</i>	4.50	2.12	2.50	7.50	1.00	2.33	0.36	4.17	6.85
<i>Robinsonella chiangii</i>	7.00	0.00	1.25	29.70	1.00	1.16	1.41	4.17	6.74
<i>Ptelea trifoliata</i>	5.50	0.00	1.25	8.84	1.00	1.16	0.42	4.17	5.75
<i>Gossypium lobatum</i>	6.00	0.00	1.25	5.00	1.00	1.16	0.24	4.17	5.57
<i>Croton aff. flavescens</i>	2.50	0.00	1.25	2.50	1.00	1.16	0.12	4.17	5.45
<i>Acacia macilenta</i>	3.50	0.00	1.25	1.88	1.00	1.16	0.09	4.17	5.42
<i>Adelia oaxacana</i>	3.00	0.00	1.25	1.88	1.00	1.16	0.09	4.17	5.42
<i>Zanthoxylum purpusii</i>	2.50	0.00	1.25	1.88	1.00	1.16	0.09	4.17	5.42
<i>Bursera crenata</i>	3.00	0.00	1.25	1.00	1.00	1.16	0.05	4.17	5.38
<i>Forchhammeria pallida</i>	7.50	0.00	1.25	48.11	0.00	1.16	2.28	0.00	3.44
Total ESTRATO ALTO			86.25	2049.32	21.00	80.23	97.06	87.50	264.79
estrato bajo									
<i>Randia thurberi</i>	1.93	0.10	7.50	13.13	1.00	6.98	0.62	4.17	11.77
<i>Ayenia micrantha</i>	1.77	0.25	3.75	5.63	1.00	3.49	0.27	4.17	7.92
<i>Forchhammeria pallida</i>	1.80	0.00	1.25	0.88	1.00	1.16	0.04	4.17	5.37
<i>Poeppigia procera</i>	1.00	0.00	1.25	35.34	0.00	1.16	1.67	0.00	2.84

<i>Croton aff. flavescens</i>	1.90	0.14	2.50	1.50	0.00	2.33	0.07	0.00	2.40
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	1.80	0.00	1.25	1.88	0.00	1.16	0.09	0.00	1.25
<i>Wimmeria pubescens</i>	1.80	0.00	1.25	1.88	0.00	1.16	0.09	0.00	1.25
<i>Byrsonima crassifolia</i>	2.00	0.00	1.25	1.25	0.00	1.16	0.06	0.00	1.22
<i>Acacia macilenta</i>	2.00	0.00	1.25	0.63	0.00	1.16	0.03	0.00	1.19
Total estrato bajo			21.25	62.09	3.00	19.77	2.94	12.50	35.21
Total			107.50	2111.41	24.00	100.00	100.00	100.00	300.00

Tabla 9. Especies de importancia biológica en la Asociación 4. Estatus de protección: NOM059-SEMARNAT-2010 (NOM059)- Amenazada (A*), Sujetas a protección (PR), Lista roja de la IUCN (2017) (IUCN)- En peligro (EN), Vulnerable (VU), Riesgo bajo (LR), Baja preocupación (LC), Estado desconocido (UNKNOW), Decaimiento (DRECREASING) CITES (2017) (CITES).

Nombre científico	Importancia	VI
ESTRATO ALTO		
<i>Senna foetidissima</i>	IUCN- LC	12.43

Estructura de la vegetación

ALTURAS: De manera general, el estrato alto de todas las asociaciones presenta una media que oscila entre 4.5m (valor observado en la asociación 2) y 6 m (presente en la asociación 4). La asociación 3 resalta ya que presenta los árboles más prominentes: *Caesalpinia eriostachys* con 21 m y *Cyrtocarpa procera* de 16 m de altura. Por otro lado, la asociación 2, presenta mayor cantidad de individuos más pequeños, entre los que destacan: *Croton aff. flavescens*, *Opuntia joconostle* y *Jatropha dehganii*, que apenas alcanzan los 2.1 m (Figura 13).

El estrato bajo es muy similar en cuanto a su promedio de altura, con un mínimo de 0.1 m. Los valores más bajos se atribuyen a la presencia de organismos del género *Mammillaria*, que se encuentran casi a ras de suelo. La asociación 4 carece de estos elementos, lo que se observa en alturas mínimas de 1 m (Figura 13).

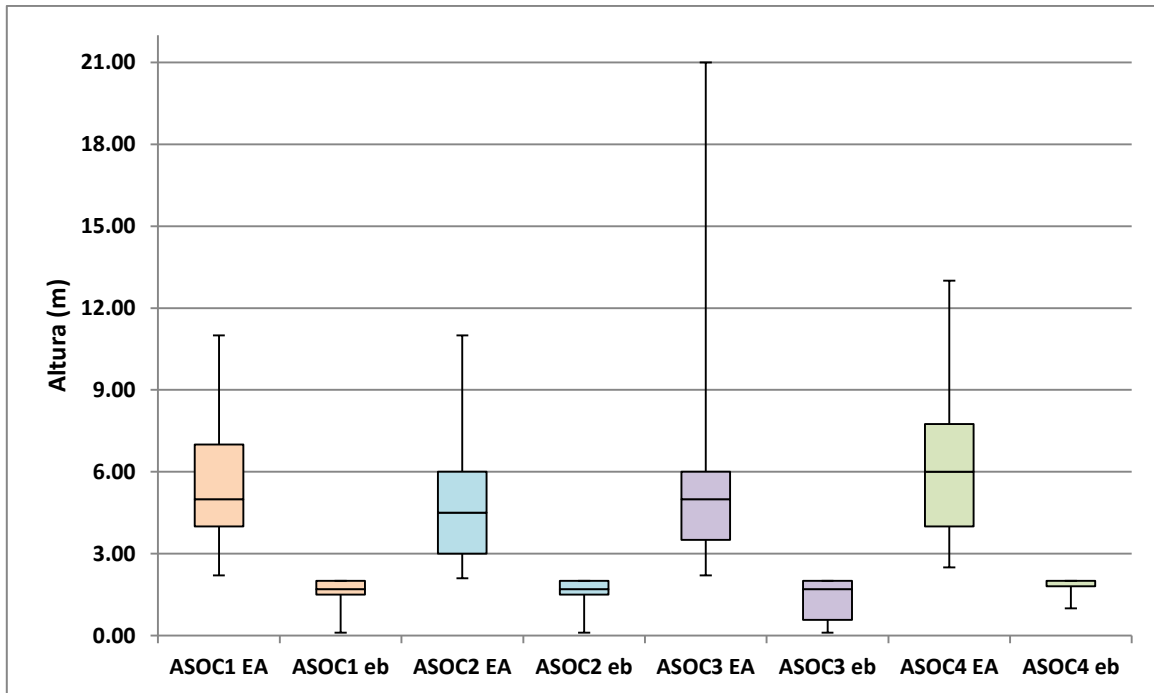


Figura 13. Alturas de todos los individuos de las 4 asociaciones, con sus respectivos valores máximos, mínimos y medias en el estrato alto (EA) y estrato bajo (eb).

COBERTURA AÉREA: La asociación 4 presenta la cobertura más densa ya que tiene el promedio más alto (19.64 m^2), mientras que en la asociación 2 el promedio de cobertura del estrato alto es el más pequeño con un valor de 4.9 m^2 , sin embargo, esta asociación contiene a *Cyrtocarpa procera*, cuyos individuos presentan las copas más grandes.

En la asociación 4, el estrato bajo tiene el promedio más alto de cobertura (1.5 m^2), mientras que la asociación 2 tiene el promedio más bajo (1 m^2), a pesar de esto, aquí se encuentra la especie con mayor cobertura en el estrato bajo, *Bursera sarukhanii* con un valor de 63.6 m^2 (Figura 14).

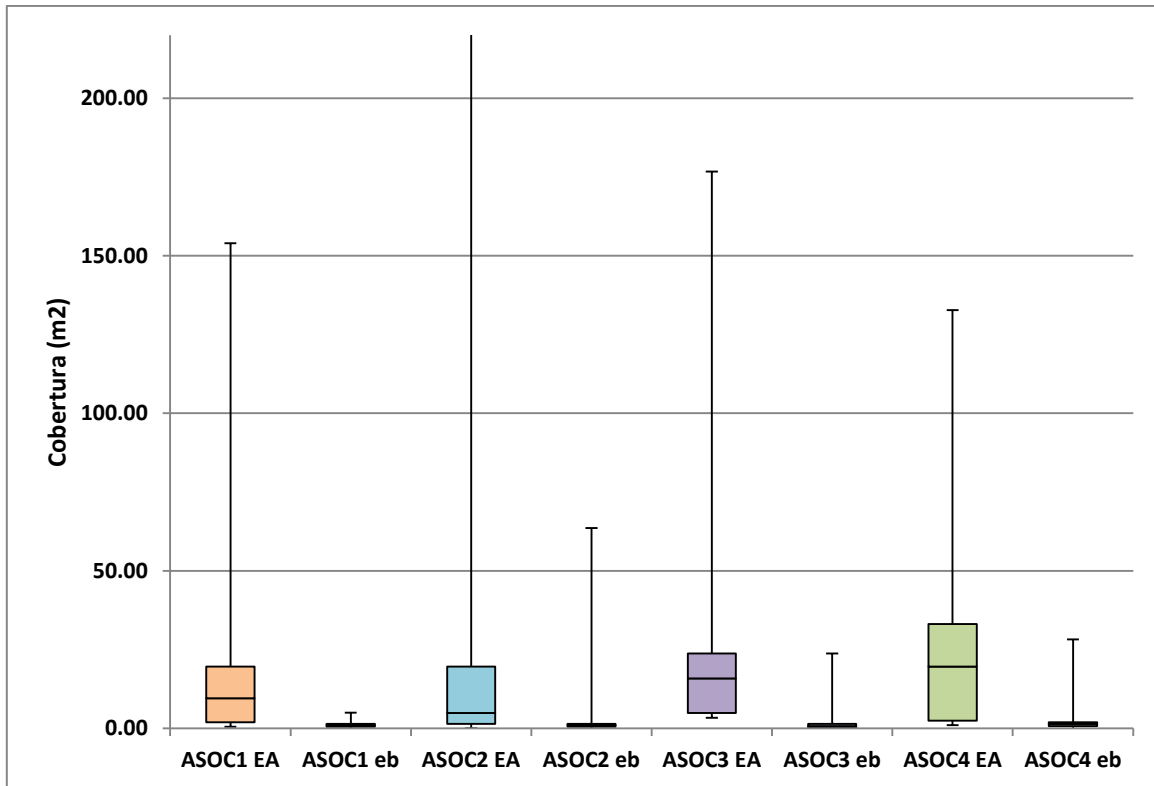


Figura 14. Cobertura de los individuos de las 4 asociaciones con sus respectivos valores máximos y mínimos en el estrato alto (EA) y estrato bajo (eb).

AREA BASAL: El promedio de área basal en las asociaciones 1 y 3 es el más alto con un valor de 0.01 m^2 además son iguales entre sí; en la asociación 4 encontramos a los individuos más delgados ya que el promedio de área basal es de 0.008 m^2 . El valor máximo de área basal se presentó en la asociación 3 con un valor de 1.0028 m^2 y lo tuvo *Caesalpinia eriostachys*. El valor más pequeño es de 0.00003 m^2 para *Croton flavescens* y *Bursera heteresthes* en la asociación 1; *Adelia oaxacana* en la asociación 2 y *Poepigia procera* en la asociación 3 (Figura 15).

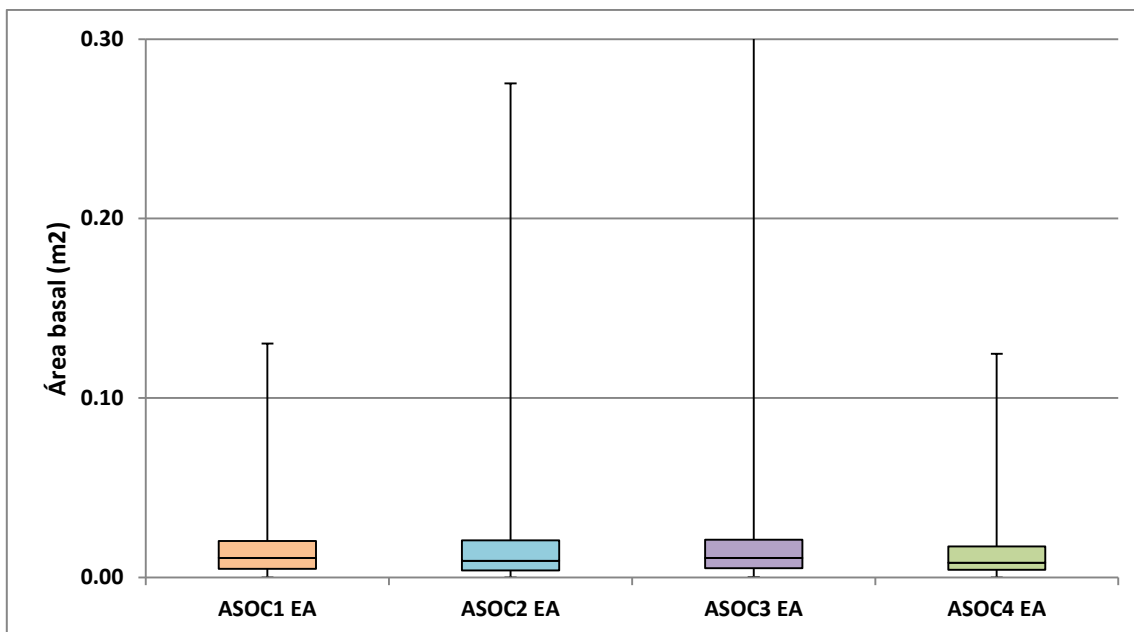


Figura 15. Área basal de todos los individuos en las 4 asociaciones con sus respectivos valores máximos y mínimos.

DENSIDAD, COBERTURA Y ÁREA BASAL TOTAL: La asociación 2 es la que presenta mayor cantidad de individuos en ambos estratos; sin embargo, solo su estrato bajo presenta la cobertura aérea más densa en comparación con el resto de las asociaciones. La asociación 4 presenta el estrato alto de mayor cobertura de copas, a pesar que contiene la menor área basal total entre todas las asociaciones. (Tabla 10).

Tabla 10. Atributos de estructura de las asociaciones vegetales en el cerro de la Piñicua (Cifras en negritas: valores más altos, subrayadas: valores más bajos).

Atributos		Asociación 1	Asociación 2	Asociación 3	Asociación 4
Densidad (ind/500m ²)	Estrato Alto	105.36	108.75	<u>62.5</u>	86.25
	Estrato bajo	26.67	73.75	<u>16.75</u>	21.25
	TOTAL	132.5	182.5	<u>82.25</u>	107.5
Cobertura (m ² /500 m ²)	Estrato alto	1617.87	1906.43	<u>1153.41</u>	2049.32
	Estrato bajo	<u>22.23</u>	75.10	23.35	62.09
	TOTAL	1640.09	1981.53	<u>1176.75</u>	2111.41
Área basal (m ² /500 m ²)	Estrato alto	1.31	1.24	1.17	<u>0.95</u>

RELACIÓN ÁREA BASAL Y ALTURA: En general las asociaciones 1,2 y 3 se comportan de manera similar, ya que la mayoría de los organismos se agrupan entre los 1 y los 10 m de altura con un área basal que no sobrepasa los 0.05 m². En la asociación 1 los individuos anchos son más pequeños que en la asociación 2 donde son más altos, mientras que la asociación 3 presenta individuos más altos además de una eminencia (Figura 16).

De acuerdo con el resultado de la prueba ANOVA, no existen diferencias significativas entre las medias del área basal de las asociaciones ($p=0.138$); sin embargo sí existen diferencias en las alturas de al menos una de las asociaciones. De acuerdo con la prueba de Tukey, únicamente las asociaciones 3 y 2 no tienen diferencias significativas para esta variable (Figura 17). $p= 1.17 e-11$).

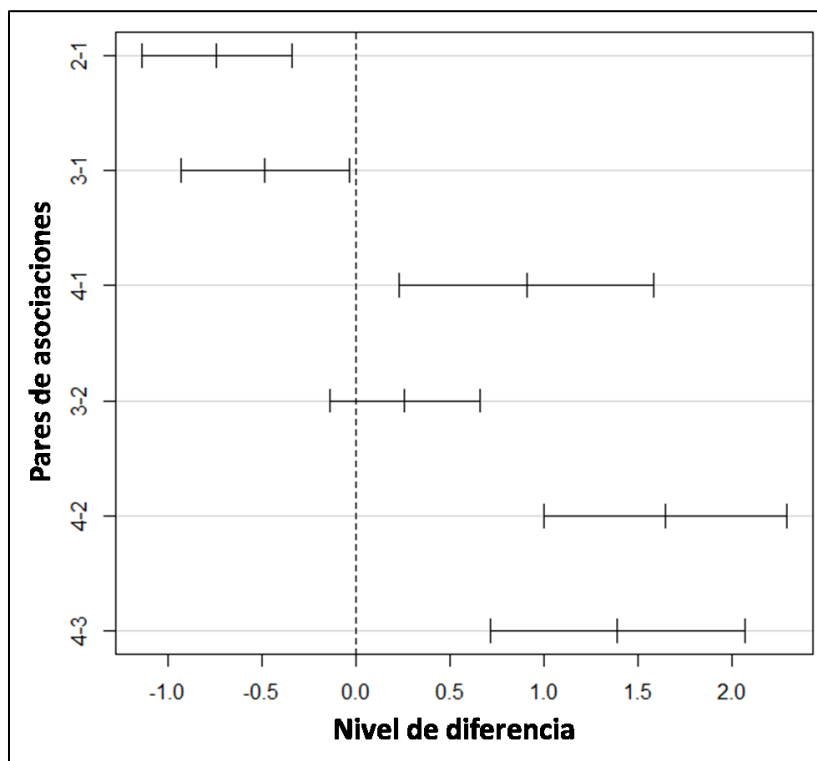


Figura 16. Diferencias de las medias para la altura, intervalos de confianza de 95% de Tukey

FRECUENCIAS DIAMÉTRICAS: En general las 4 asociaciones se comportan de una manera similar, presentan muchos individuos con un diámetro pequeño y la cantidad de ellos va disminuyendo conforme aumenta el tamaño del diámetro, su distribución forma una “J” invertida. Todas las asociaciones, con excepción de la asociación 4, que presenta la estructura más simple (menos clases diámétricas), contienen individuos en todas las clases hasta alcanza los 40 cm, posterior a esta medida, la asociación dos contiene un individuo entre los 55 y 60 cm y en la asociación 3 se alcanzan un D.A.P entre 110 y 115 cm (Figura 18).

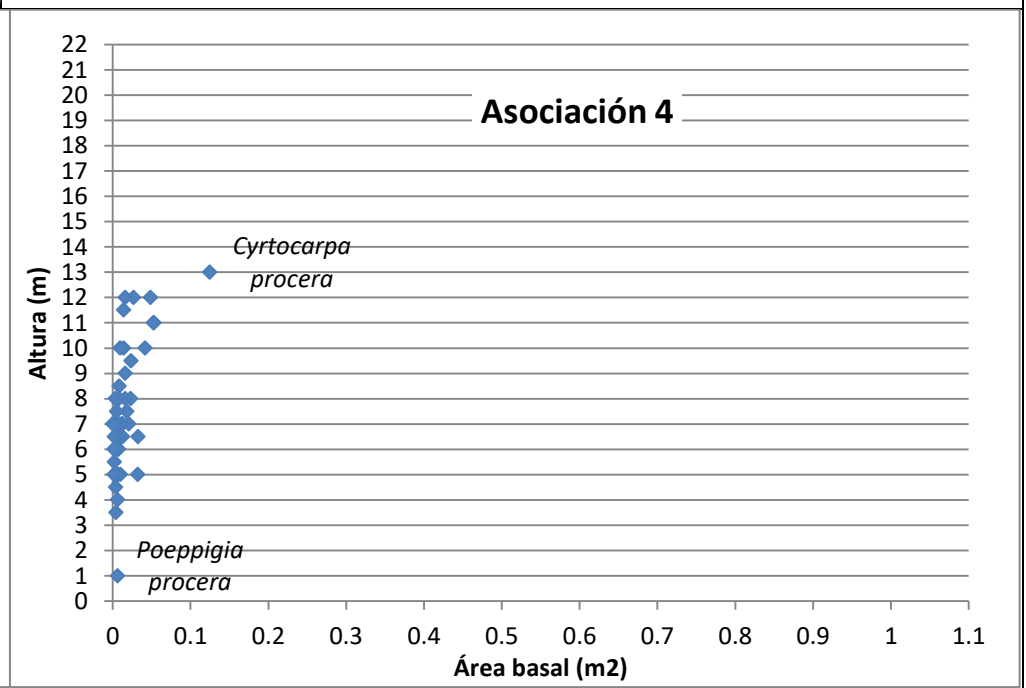
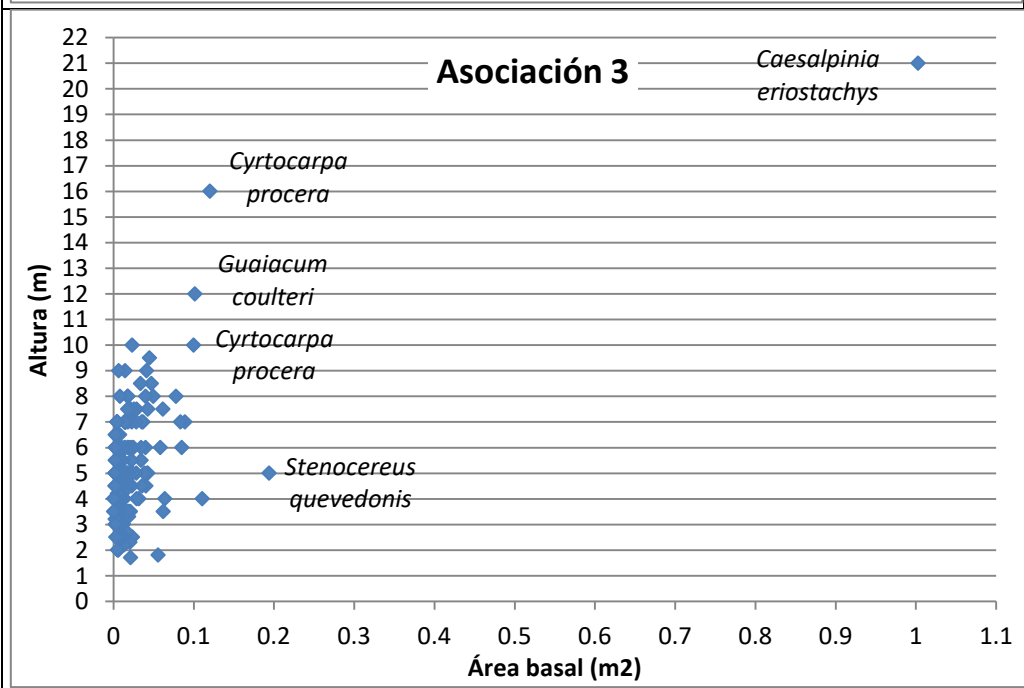
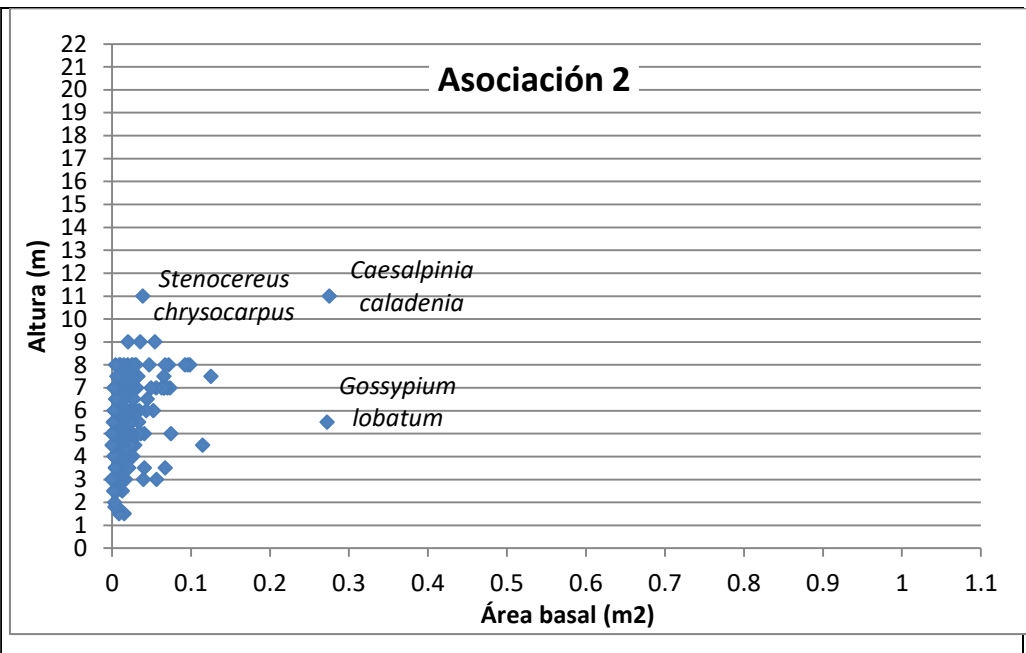
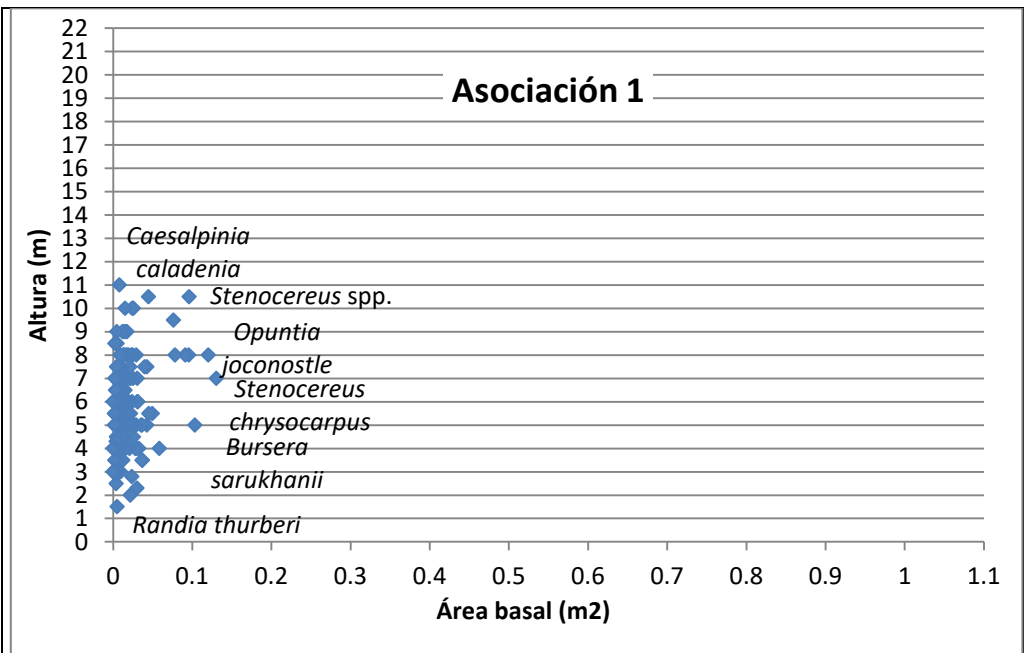


Figura 17. Relación altura (m) y área basal (m²) de los individuos del estrato alto en las cuatro asociaciones.

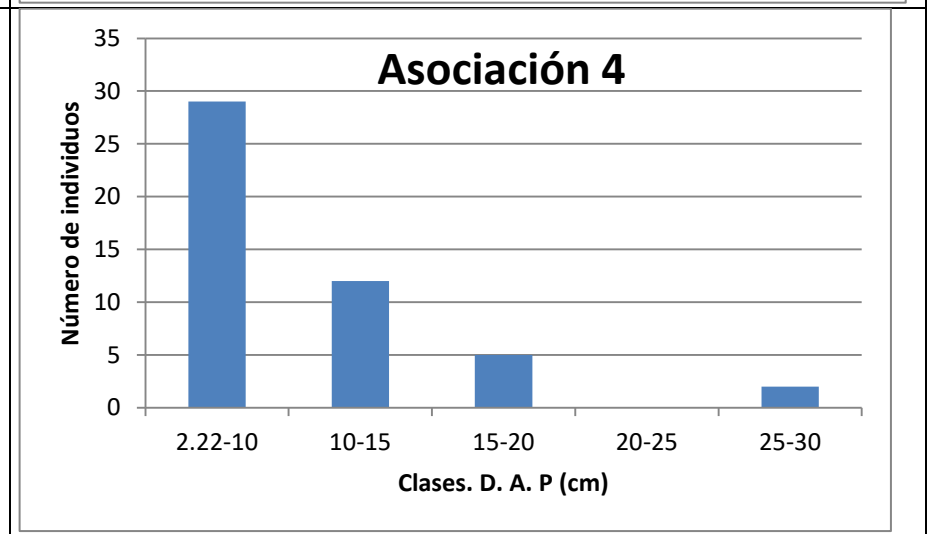
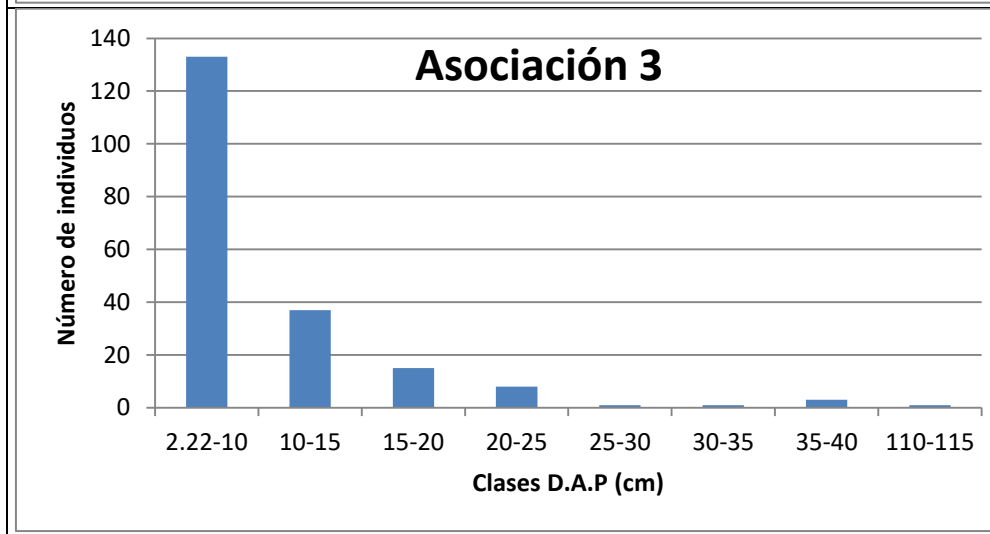
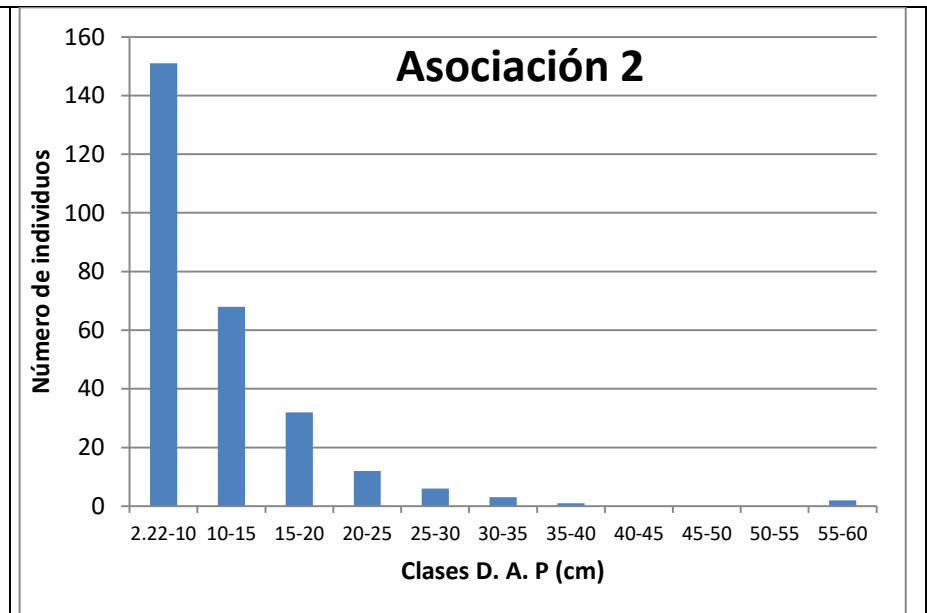
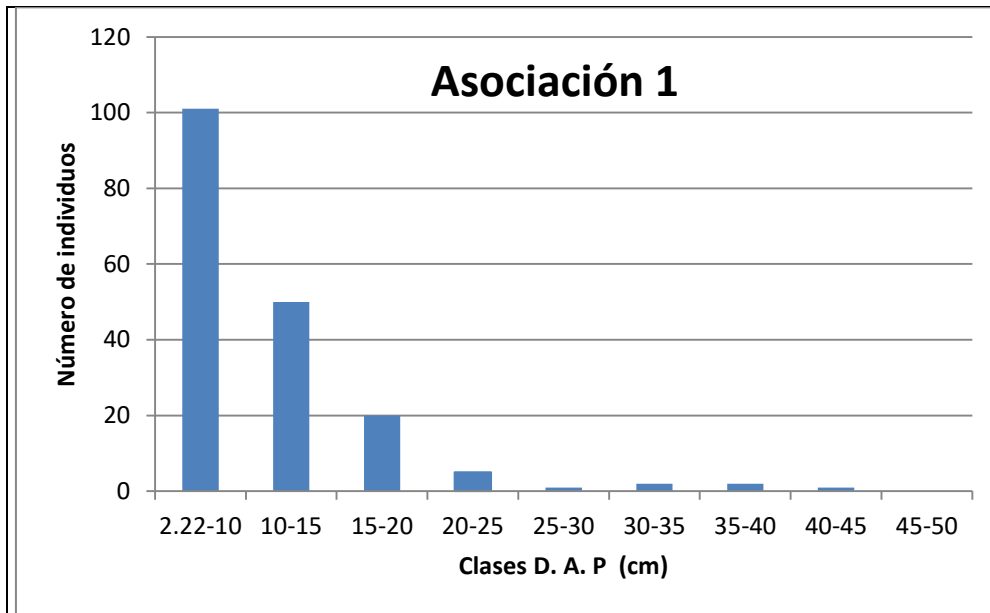


Figura 18. Gráficas de frecuencias del D.A.P de las 4 asociaciones del cerro de la Piñuca.

Riqueza y diversidad

La asociación 2 y 3 presentan la mayor riqueza con un total de 54 especies; la asociación 3 presenta el estrato alto más rico con 50 especies, mientras que la asociación 2 tiene el mayor número de especies en el estrato bajo con 34. Por el contrario, los valores más bajos se encuentran en la asociación 4 con 24 especies en total (23 en el estrato alto y 9 en el estrato bajo) (Tabla 11).

De acuerdo con el índice de diversidad taxonómica, las asociaciones con mayor número de especies por unidad de área son la 2 y 3 (7.1 especies); mientras que la asociación 4 (4.01 especies) tiene la menor cantidad (Tabla 11).

Por su parte, el índice de dominancia de Simpson muestra que todas las asociaciones tienen una alta diversidad; sin embargo, destaca la asociación 2 con un valor de 0.95, mientras que la asociación 4 presenta el valor más bajo de 0.91 (Tabla 11).

Tabla 11. Valores de diversidad de las asociaciones vegetales en el cerro de la Piñicua (Cifras en negritas: valores más altos, subrayadas: valores más bajos).

Diversidad		Asociación 1	Asociación 2	Asociación 3	Asociación 4
S (# de especies) Riqueza	S (Total)	45	54	54	<u>24</u>
	(S) ESTRATO ALTO	41	42	50	<u>23</u>
	(S) estrato bajo	17	34	23	<u>9</u>
	Superficie (m ²)	1,200	2,000	2,000	<u>400</u>
	Índice de biodiversidad taxonómica (IB)	6.35	7.10	7.10	<u>4.01</u>
Diversidad Alfa Índice de Simpson		0.9444	0.9501	0.9186	<u>0.9107</u>
Diversidad Beta Complementariedad		<u>0.44</u>	0.47	0.45	0.71
Diversidad Gama	73.398				

Respecto a la diversidad β de manera particular, los sitios más idénticos entre sí son la asociación 1 y 3 ya que tienen un valor de complementariedad de 0.43; las asociaciones más disímiles son la 2 y 4 que tienen un valor de 0.74.

De manera general, la asociación que más especies aporta al sistema es la asociación 4, ya que su valor de complementariedad promedio respecto a las demás asociaciones es de 0.71 (Tabla 11).

En cuanto a la diversidad Gamma, la riqueza del paisaje del cerro de la Piñicua es de 73.79 especies (Tabla 11).

Biomasa y Contenido de Carbono

De acuerdo con la ecuación de Nívar (2009), la biomasa aérea estimada para la zona de estudio es de 8,917.27 Mg (de acuerdo con un nivel de confianza del 95% el máximo estimado es de 11,793. 03 Mg y el mínimo de 6,041.52 Mg), con ello se calcula una media de carbono aéreo de 90.53 Mg/ha. Por otro lado la ecuación de Martínez-Yrizar (1992) estima para la zona de estudio 6,999. 78 Mg de biomasa aérea (de acuerdo con un nivel de confianza del 95% el máximo estimado es de 8,468.5 Mg de biomasa y el mínimo de 5,531. 08 Mg) con ello se calcula una media de carbono aéreo de 71.06 Mg/ ha (Tabla 12).

Tabla 12. Valores máximos, mínimos y promedio de la Biomasa en el cerro de la Piñicua

Biomasa Mg de carbono		Nívar (2009)	Martínez-Yrizar (1992)
	Máximo		11,793. 03
Mínimo		6,041.52	5,531. 08
Promedio		8,917.27	6,999. 78

De acuerdo con la ecuación de Nívar (2009), la asociación con mayor cantidad de carbono aéreo almacenado es la número 3 (48.68 Mg/ha), seguida muy de cerca por la asociación 2 (45.5 Mg/ha). Sin embargo, el uso de ecuación de Martínez-Yrizar (1992), determina que la asociación que más carbono contiene es la número 1 (38.4 Mg/ha), seguida por la asociación 2 (36.42 Mg/ ha) (Figura 19). La diferencia entre los valores de biomasa estimados para el área de estudio con cada una de las ecuaciones, no es significativa, de acuerdo al estadístico t-student ($p= 0.2145$).

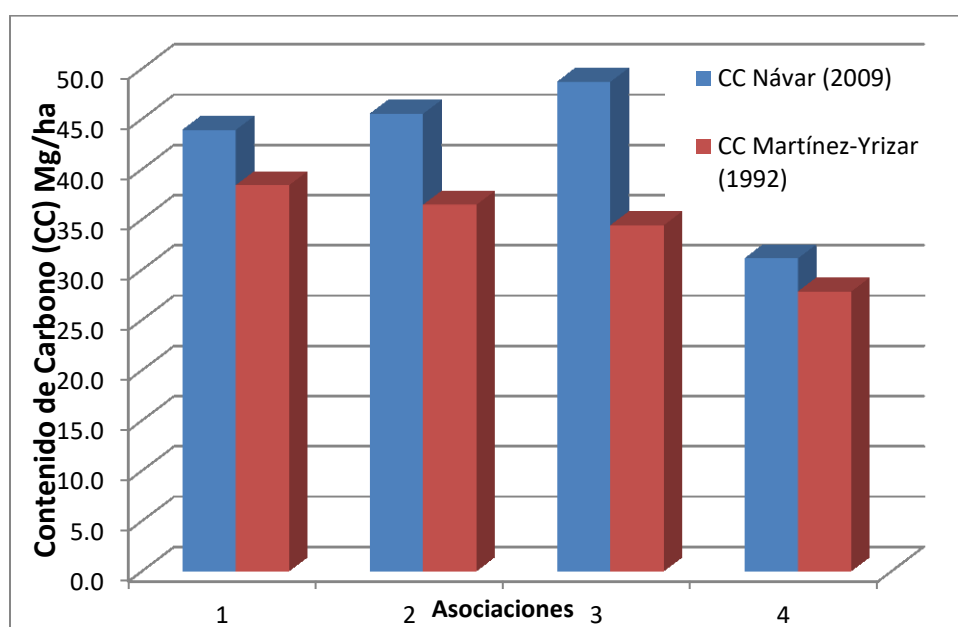


Figura 19. Se compara el contenido de carbono (CC) estimado, de acuerdo con dos ecuaciones, aplicadas a las 4 asociaciones vegetales en el cerro de la Piñicua.

De acuerdo a la ecuación de Nívar (2009) el conjunto de individuos con DAP mayor a 40 cm contiene la mayor cantidad de carbono aéreo acumulado, a pesar de contar con muy pocos organismos le sigue el conjunto de árboles con DAP entre 10 y 15 cm; a diferencia de la ecuación de Martínez-Yrizar (1992) donde este último conjunto presenta el mayor contenido de carbono seguida por el grupo con un DAP menor a 10 cm, el cual contiene la mayor cantidad de individuos (Figura 20).

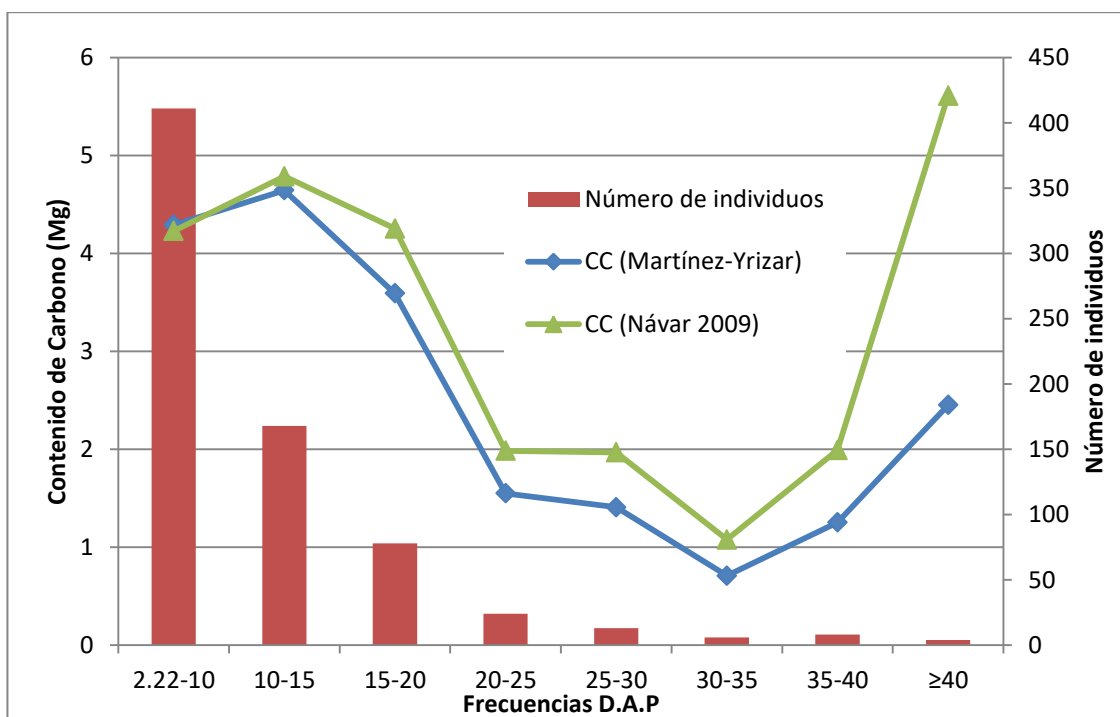


Figura 20. Contenido de carbono y número de individuos de acuerdo con las frecuencias diámetricas en el Cerro de la Piñicua.

Relación entre riqueza y contenido de carbono

Como ya se mencionó anteriormente, la cantidad de carbono en cada uno de los sitios varió, la asociación 2 y 3 presentaron los valores más altos combinados con valores elevados de riqueza, se observó una elevada correlación entre ambas variables (riqueza y contenido de carbono), de 0.98 con la ecuación de Nívar (2009) (Figura 21) y 0.8 con la de Martínez- Yrizar (1992). Por otro lado, la correlación entre diversidad y carbono presentan un valor de 0.51 (Figura 22).

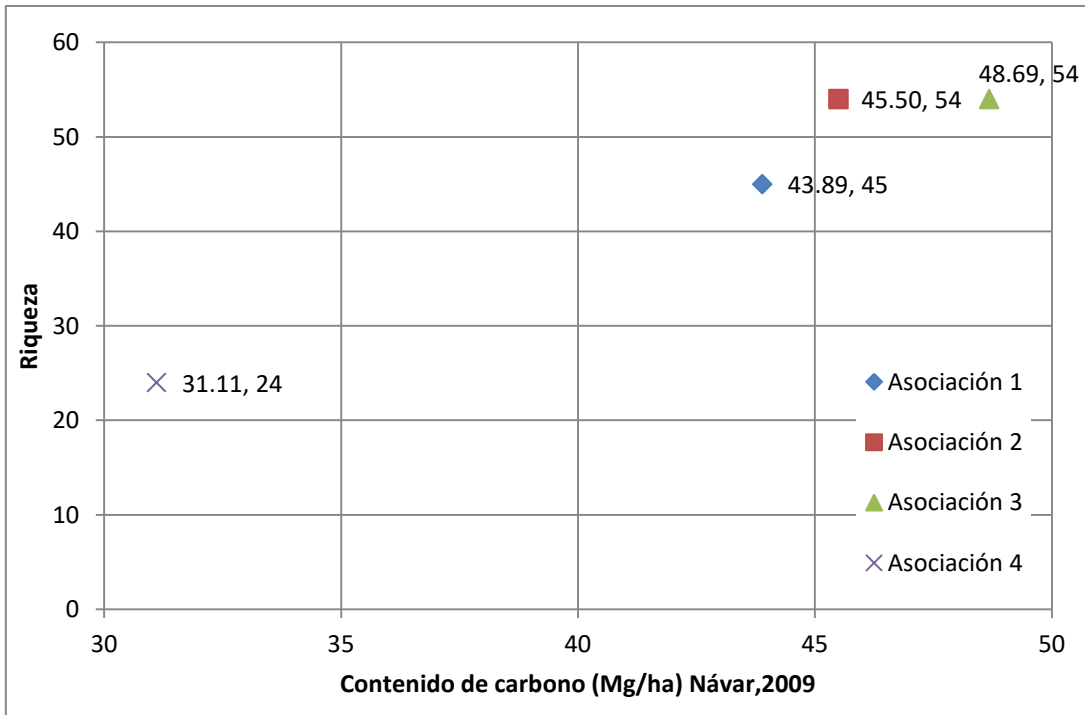


Figura 21. Correlación entre riqueza y contenido de carbono de las 4 asociaciones vegetales del cerro de la Piñicua

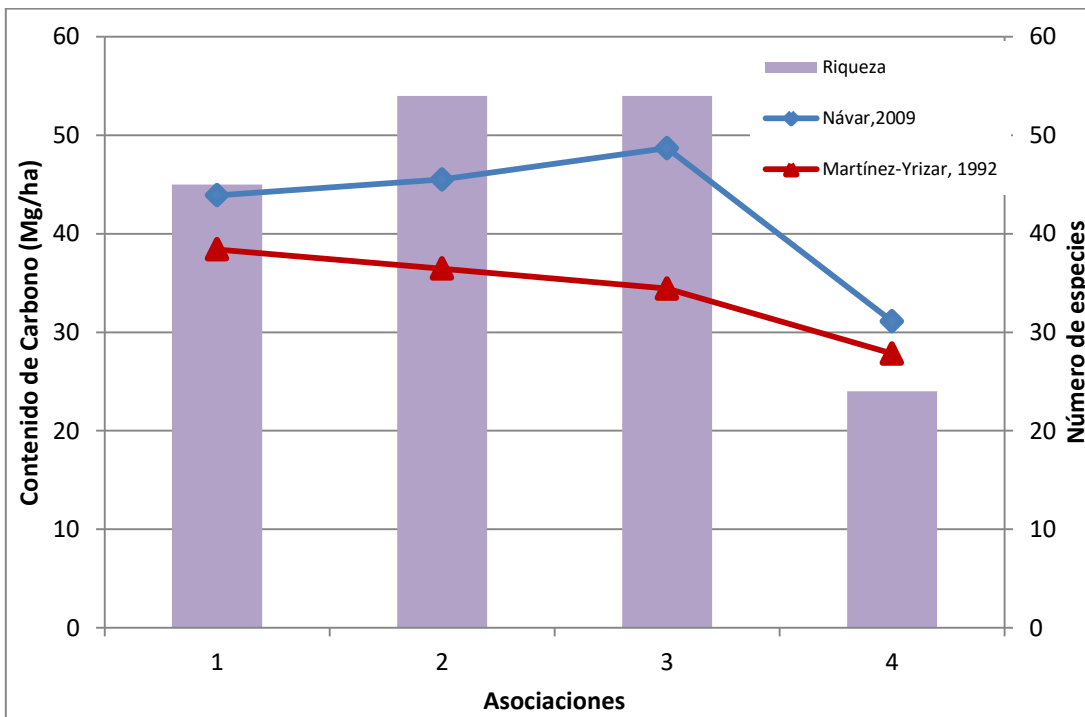


Figura 22. Relación entre riqueza y contenido de carbono entre las 4 asociaciones vegetales del cerro de la Piñicua.

DISCUSIÓN

Flora

El número de especies en la zona de estudio (91 spp) es mayor al promedio calculado para otros bosques tropicales secos del país, de 74 (± 24) especies (Trejo, 2005), aunque entra en la desviación estimada. En lo que respecta a los BTC de Michoacán, el cerro de la Piñicua presenta un número mediano de especies por unidad de área; algunos de ellos corresponden a BTC en áreas pequeñas y sin perturbación de acuerdo con Trejo 2005, arrojando así resultados muy elevados; por el contrario el valor más pequeño registrado en el Cerro del Águila, se debe a que se cubrió una gran extensión y no toda la zona corresponde a BTC (Tabla 13).

Los 70 géneros registrados en la zona de estudio, es un valor alto con respecto a otros sitios, únicamente es rebasado por una localidad en el Infiernillo (86 géneros) y Caleta (105 géneros) (Trejo, 2005). Sin embargo, el número de familias que presenta la zona de estudio se encuentra dentro del rango de otros BTC comparados para Michoacán (Tabla 13).

Comparado con otros BTC de la vertiente del Pacífico, el Cerro de la Piñicua presenta un valor medio de especies por unidad de área, es rebasado por lugares con extensión pequeña y poca o nula perturbación; mientras que el número de géneros es alto, solo rebasado por Copalita, Oaxaca que presentó 89 géneros, en lo que respecta al número de familias el valor es bajo con respecto a otras zonas (Tabla 13).

Tabla 13 Valores de riqueza, área, índice de biodiversidad, número de familias y géneros en distintos Bosques tropicales caducifolios en Michoacán y la vertiente del Pacífico. (Cifras en negritas: valores más altos, subrayados: valores más bajos, color guinda: valores del Cerro de la Piñicua).

	Zona	Riqueza	Área (m ²)	(IB)Riqueza /Ln Área	Número de Familias	Número de Géneros
BTC Michoacán	Caleta (Trejo, 2005)	123	1,000	17.8	45	105
	Infiernillo (Trejo, 2005)	115	1,000	16.64	38	86
	Presas General Francisco J. Mújica (Martínez-Cruz, 2013)	93	4,000	11.21	32	70
	Cerro de la Piñicua	91	5,600	10.54	26	70
	Tziritzícuar (Méndez-Toribio et al., 2013)	78	3,600	9.52	24	50
	Cerro Zináparo (Trejo, 2005)	48	1,000	6.94	24	40
	Cerro del Águila (Zacarias-Eslava et al., 2011)	<u>23</u>	6,400	<u>2.62</u>	<u>21</u>	<u>33</u>
Otros BTC del Pacífico	Cerro Verde (Nizanda), Oaxaca (Gallardo-Cruz, 2005)	194	3,000	24.23	52	<u>16</u>
	Copalita, Oaxaca (Trejo,	107	1,000	15.48	46	89

Zona	Riqueza	Área (m ²)	(IB)Riqueza /Ln Área	Número de Familias	Número de Géneros
2005)					
Cuicatlán, Oaxaca (Trejo, 2005)	90	1,000	13.02	32	68
Cerro Tuxpan, Guerrero (Trejo, 2005)	80	1,000	11.58	31	67
Cosalá, Sinaloa (Trejo, 2005)	80	1,000	11.58	33	69
Tehuantepec, Oaxaca (Trejo, 2005)	76	1,000	11	38	65
Cañón del Zopilote, Guerrero (Trejo, 2005)	95	6,000	10.92	32	67
El Tarimo, Guerrero especies (Pineda- García et al., 2007).	82	4,000	9.88	26	70
Jocotipac, Oaxaca (Trejo, 2005)	66	1,000	9.55	26	54
Jesús María, Nayarit (Trejo, 2005)	63	1,000	9.12	27	55
La Burrera, Baja California Sur (Trejo, 2005)	56	1,000	8.1	29	52
Alamos, Sonora (Trejo, 2005)	<u>46</u>	<u>1,000</u>	<u>6.65</u>	<u>22</u>	38

En cuanto a la curva de acumulación de especies; se observa que la riqueza observada es menor a la riqueza esperada por 9 especies; esto se debe a que el modelo de Chao se basa en el número de especies raras en la muestra, es decir especies representadas por un solo individuo “singletons” o dos “doubletons” y el promedio en las Unidades de Muestreo fue de 3 y 2 respectivamente (Chao, 1984). Esto genera que la probabilidad de encontrar más especies raras es poca y que el esfuerzo de muestreo necesario para encontrarlas sea mucho mayor al empleado. Este comportamiento es común en los bosques tropicales, donde hay pocas especies muy abundantes y un gran número de especies raras, cuyos individuos normalmente se encuentran muy separados entre sí (Trejo, 2005) Sin embargo, el listado podría reflejar algunas de las especies raras faltantes, ya que se agregan 13 especies encontradas fuera de las unidades de muestreo (Anexo 1).

En cuanto a la composición, predomina la familia Fabaceae, su trascendencia se debe a su alto valor de importancia, riqueza y área basal. Distintos autores coinciden con este hallazgo (Gallardo-Cruz et al., 2005; García-Pineda et al., 2007; Martínez-Cruz et al., 2013; Méndez-Toribio et al., 2013; Zacarías-Eslava et al., 2011; Rzedowski y Calderón de Rzedowski., 2013). Esto corresponde a que las leguminosas son muy abundantes tanto en las comunidades climax, como en las sucesionales del bosque tropical con características cálidas secas en México (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2013). Esto debido a que los individuos de esta familia forman asociaciones con bacterias rizosféricas en los nódulos de sus raíces, las bacterias fijan nitrógeno atmosférico y a cambio reciben carbohidratos de

las plantas. El nitrógeno es utilizado para la formación de biomoléculas, proteínas, ácidos nucleicos, porfirinas y alcaloides, esta simbiosis les da a las Leguminosas una importante ventaja sobre individuos incapaces de aprovechar este elemento (Bécquer y Prévost, 2014).

Asimismo, en el cerro de la Piñicua, las familias Cactaceae y Burseraceae son familias representativas por sus valores altos de importancia y riqueza de especies, lo que coincide con estudios previos (Arriaga y León., 1988; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2013). En otros bosques secos las cactáceas ocupan alrededor de la sexta posición, por lo que su dominancia en la zona de estudio sugiere condiciones de mayor aridez (Arriaga y León., 1989). Por su parte, Burseraceae, caracterizada por un único género *Bursera*, es el taxón mejor representado en la zona de estudio, debido a que la Cuenca del Río Balsas ha sido reconocida como centro de endemismo y diversificación del mismo. Este género se adaptó hace 20 millones de años en un ambiente caliente, seco y con clima estacional, además de comenzar a diversificarse en dos linajes principales (*Bullockia* y *Bursera*) debido al crecimiento de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Transversal (Becerra, 2005; De-Nova et al., 2012; Rzedowski et al., 2005).

Otras familias importantes en el bosque tropical caducifolio y que se presentan en el cerro de la Piñicua son Rubiaceae seguido por Euphorbiaceae, Apocynaceae, Nyctaginaceae, Malpighiaceae y Cappariaceae (Gentry., 1988).

Los géneros *Acacia*, *Bauhinia*, *Bursera*, *Caesalpinia*, *Cordia*, *Croton*, *Erythroxylum*, *Lonchocarpus*, *Lysiloma*, *Randia*, *Robinsonella*, *Tabebuia* y *Zanthoxylum* tuvieron una alta presencia en el cerro de la Piñicua, ya que están mejor representados en bosques secos, además que algunos de estos géneros son predominantemente arbustos en el bosque tropical caducifolio, mientras que en otros hábitats son arborescentes; además, en un clima tan seco, aumenta la prevalencia de pequeñas hojas mimosides, esto genera que las especies de la subfamilia Mimosoideae sean más frecuentes, como se observó claramente en la zona de estudio que presentó 6 especies (Gentry., 1988). La zona de estudio también presenta géneros restringidos a hábitat secos: *Forchhammeria*, *Guaicum*, *Jatropha*, *Pedilanthus* y *Ziziphus* (Gentry, 1988). Esta combinación de géneros marca rasgos y características específicas de un bosque tropical caducifolio combinado con elementos xerófilos en el cerro de la Piñicua.

Especies de importancia biológica.

El cerro de la Piñicua presenta varias especies de importancia biológica, probablemente porque se ubica en el Occidente Mexicano, considerado como el centro de endemismo y diversidad del bosque seco Mesoamericano; además, corresponde a un área árida,

caracterizadas en nuestro país por actuar como bloque o refugio ecológico donde se llevan a cabo procesos de diversificación y contener hasta un 43% de géneros endémicos del país (Trejo, 2005; Rzedowski, 2001; Gentry, 1988).

La zona de estudio es rica en endemismos a diferentes escalas taxonómicas y espaciales. Se encuentran cuatro especies de distribución restringida al BTC del estado de Michoacán (*Manihot tomatophylla*, *Pedilanthus coalcomanensis*, *Prosopis mezcalana* y *Senna foetidissima*) y otras 55 son endémicas del país. A nivel genérico, *Forchhammeria* está restringido a bosque seco mientras que las especies de los géneros *Amphipterygium*, *Karwinskia*, *Pachycereus*, *Peniocereus* y *Stenocereus* son endémicas de México, la presencia de estas especies y géneros le agrega un valor a la zona y transforma este lugar en un sitio importante para la atención y conservación

De acuerdo con listados de protección, en la Norma Mexicana encontramos varias especies como: *Guaiaacum coulteri* y *Tabebuia impetiginosa*, esta última citada por sinónimo (*Tabebuia palmeri*); la primera se encuentra amenazada debido que presenta un intensa explotación debido a su madera, hojas con propiedades medicinales y vistosa flor, mientras que la segunda está en riesgo por sus diversos usos como: ornamental, corteza para infusión y el aprovechamiento de la madera para construcción (CONABIO, 2018); esta demanda es lo que probablemente ha mermado sus poblaciones. En cuanto a las cactáceas, *Mammillaria backebergiana* y *Peniocereus cuixmalensis* son las únicas dentro de la norma, las especies de esta familia con dimensiones pequeñas están en riesgo por su extracción; además, este grupo, incluyendo las especies candeliformes, es muy probable que se vean amenazadas por las actividades pecuarias que provocan erosión en el suelo y el posterior desprendimiento y muerte de sus organismos, por lo que sus poblaciones deberían ser evaluadas para considerar su protección.

La IUCN también considera a las dos especies arbóreas enlistadas en la NOM (*Tabebuia impetiginosa* y *Guaiaacum coulteri*), además contiene a *Senna foetidissima*, *Prosopis laevigata* y *Zapoteca formosa*, la primera tiene una distribución restringida, mientras que las dos últimas son de amplia distribución, incluso *Prosopis laevigata* es considerada como especie pionera, ya que prefiere condiciones favorables como las orillas de los ríos donde hay suelos bien drenados (Hernández, 2000).

Todas las cactáceas están listadas en la CITES y por lo tanto existe un control legal en su exportación, como se citó anteriormente, muchas de sus especies son extraídas y comercializadas en México y el mundo, adicionalmente su importancia recae en que todas las especies encontradas en la zona de estudio son endémicas del país; por lo tanto, esta regulación es importante ya que las poblaciones originales se pueden ver mermadas por la extracción de las mismas o cuando alguna otra especie externa comienza a ocupar su

nicho ecológico y las especies no pueden competir (CITES, 2003). En lo que respecta al género *Opuntia* es bien sabido que es usado como alimento, pero *Opuntia joconostle* resalta en importancia por tener un hábitat restringido al BTC (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

De las especies endémicas de Michoacán, únicamente tiene algún estatus de protección *Senna foetidissima* (IUCN- LC), las otras tres especies deben ser evaluadas para analizar la vulnerabilidad de sus poblaciones y observar si cumplen características para ser incluidas en la NOM-059, ya que el objetivo de esta norma es brindar protección ambiental a especies nativas de México.

Asociaciones vegetales

El cerro de la Piñicua presenta alturas en el estrato alto parecidas a otros bosques secos en Michoacán y la vertiente del Pacífico (Gallardo-Cruz, 2005; Trejo, 2005; Pineda-García *et al.*, 2007; Dirzo *et al.*, 2011; Zacarias-Eslava *et al.*, 2011; Martínez-Cruz, 2013; Méndez-Toribio *et al.*, 2013); los valores de densidad (90.71 ind/500 m²) son elevados, excepto en comparación con los resultados descritos en Nizanda donde hay 246 ind/500 m²; en lo que respecta a la cobertura aérea (1681.75 m²/500 m²), presenta valores similares a otros trabajos pero más bajos que los reportados para Nizanda (2,233.73 m²/500 m²); el área basal (0.019 m²) se encuentra dentro del promedio de otros trabajos reportados, con valores muy similares pero rebasado por la comunidad de Tziritzicuaro ya que su promedio fue de 0.18 además que los valores citados en Nizanda son mucho mayores respecto al espacio ocupado cada 500 m² (2.55 m²): por su parte el D.A.P promedio es alto (Martínez-Cruz *et al.*, 2013; Méndez-Toribio *et al.*, 2013; Pineda *et al.*, 2007). Las importantes diferencias con respecto a lo reportado para Nizanda probablemente se deban a que en ese estudio se involucran a todos las formas de vida, mientras que en el cerro de la Piñicua se tomaron en cuenta solo los individuos leñosos.

La similitud entre las unidades de muestreo depende de las especies que las componen, a su vez, éstas son favorecidas o no por factores ambientales, en la zona de estudio, probablemente las de mayor influencia sean la pendiente, orientación de la ladera, tipo de suelo e impacto antropogénico.

La asociación 1 presenta en el estrato alto especies características del bosque tropical caducifolio como *Caesalpinia caladenia* (VI: 32) que prefiere áreas de laderas con pendiente (Felger *et al.*, 2001), *Bursera heteresthes* (VI: 26) que se encuentra bien representada en bosques secos a lo largo de la costa del Pacífico (Lott y Atkinson, 2010) y *Croton flavescens* (VI: 13) que es común en vegetación conservada (Otoris, 2012). En el estrato bajo, la presencia de *Mammillaria backebergiana* (VI: 5) delata la pronunciada

pendiente de este tipo de vegetación, ya que es una especie que prefiere sitios en barrancas profundas, laderas y suelos pedregosos del BTC México (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada., 1991).

A su vez la asociación 2 presenta especies comunes del bosque tropical caducifolio como *Cyrtocarpa procera* (VI: 33) y *Bursera crenata* (VI: 17), este último es un árbol endémico de la depresión Occidental del río Balsas (Ramírez y Durán, 2001). En el estrato bajo destaca *Justicia candicans* (VI: 11), la cual es característica de suelos erosionados o cañones (SEINET, 2018), *Mammillaria backebergiana* (VI: 7) y *Peniocereus cuixmalensis* (VI: 7) el cual tiene un hábitat restringido a áreas con rocas calcáreas (Bravo-Hollis, 1978).

En la asociación 3 hay una dominancia de Fabaceae, específicamente *Caesalpinia eriostachys* (VI: 52), la cual es favorecida en fases tempranas de sucesión en el BTC (Griscom y Asthon, 2011), *Caesalpinia caladenia* (VI: 17) prefiere laderas y pendientes en este tipo de vegetación (Felger *et al*, 2001), mientras que *Desmanthus balsensis* tiene un hábitat restringido a la cuenca del Balsas en laderas con suelos calizos (Contreras *et al*, 1986).

La asociación 4 está dominada por especies comunes en los bosques tropicales caducifolios de la costa del Pacífico como *Cordia elaeagnoides* (VI: 42), y *Cyrtocarpa procera* (Lott y Atkinson, 2010), *Randia thurberi* (VI: 26 en el estrato alto y VI: 11 en el bajo) presenta su mayor abundancia en comunidades sucesionales tardías (Romero, 2011) mientras que *Ayenia micrantha* (VI: 7) prolifera en áreas perturbadas de varios tipos de vegetación (Diego-Pérez, 2011). En esta asociación destaca la ausencia de cactáceas posiblemente por su desprendimiento debido a la presencia de ganado.

Estructura

Estructuralmente la asociación 1 destaca porque presenta la mayor área basal lo que probablemente ocasione una menor cobertura del estrato bajo por competencia (Tabla 10), además se establece sobre una pendiente pronunciada que favorece la presencia de algunos organismos afines a estas características como se mencionó anteriormente.

En la asociación 2 se encuentra la mayor densidad de individuos (182.5 ind/500m²), la mayor cobertura del estrato bajo y por consecuencia valores bajos de área basal, esto probablemente se debe a que esta comunidad se desarrolla en un ambiente con mayor insolación, debido a que la mayoría de las UM apuntan hacia el sur, de acuerdo a la literatura, la disponibilidad de agua está determinada entre otros factores, por la orientación de las laderas, en el hemisferio norte las laderas con exposición al sur reciben hasta seis veces más radiación solar que las laderas orientadas al norte (López-Gómez *et al*, 2012). Adicionalmente es la asociación que presenta la más elevada riqueza en el

estrato bajo, favorecida posiblemente por su pronunciada pendiente, que impide el paso del ganado y del hombre.

En lo que respecta a la asociación 3, contiene a los árboles de mayor tamaño tanto en altura como en área basal (*Caesalpinia eriostachys* y *Cyrtocarpa procera*), este tipo de individuos son normales en el bosque tropical caducifolio, pero generalmente están aislados (Rzedowski, 1978; Trejo, 1998). También es la asociación más rica en el estrato alto (50 spp), posiblemente su ligera pendiente permite la acumulación de sedimentos y favorezca el asentamiento de más especies; además, su cercanía con áreas perturbadas por actividades ganaderas provoque la entrada de especies características de diferentes etapas sucesionales como se observó en su composición.

La asociación 4 presenta la mayor cobertura del estrato alto, probablemente a que está establecida en áreas con orientación al norte, lo que le permite una mayor disponibilidad de agua. Además, presenta una pendiente ligera que permite el paso del ganado y el hombre, que a su vez, propician el establecimiento de árboles más altos y con mayor cobertura, pero más delgados. Asimismo el flujo de fauna no permite el establecimiento de especies pioneras lo que resta competencia a árboles ya establecidos, sin embargo, todos estos factores disminuyen su riqueza (24 sp) en ambos estratos.

Frecuencias diámtricas.

La curva presenta un patrón de “J invertida”, este comportamiento es normal es una comunidad mixta, con una producción ininterrumpida y constante, donde hay muchos individuos con DAP pequeño y progresivamente va disminuyendo su cantidad conforme aumenta su tamaño; esto se debe a que existe una continua regeneración y mortalidad natural de los individuos. Esta tendencia también señala que la comunidad se encuentra en un proceso natural de desarrollo con dirección a un crecimiento y productividad más avanzados.

Las primeras 3 asociaciones se comportan de una manera muy similar solo variando en cantidad de organismos, mientras que la asociación 4 presenta una menor cantidad de individuos y carece de aquellos de gran tamaño, posiblemente debido a un proceso de extracción selectiva (Imaña *et al.*, 2011; Armendáriz, 2014).

Diversidad

El índice de diversidad de Simpson muestra que todas las asociaciones tienen una alta diversidad, con valores mayores a 0.9, cualidad favorecida por la falta de dominancia de alguna especie, haciendo de las asociaciones muy equitativas. Específicamente, la

asociación 2 tuvo el valor más alto (0.9501) mientras que la asociación 4 presentó el valor más bajo (0.9107), debido al impacto que presenta por las actividades humanas.

Respecto a la diversidad β ; la complementariedad varía desde 0, cuando los sitios son idénticos, hasta uno (1), cuando las especies son completamente distintas. De esta forma las asociaciones 1,2 y 3 son muy parecidas entre sí, ya que sus valores oscilan entre 0.42 a 0.45, mientras que la asociación que más especies diferentes aporta al sistema es la 4, ya que su valor de complementariedad promedio respecto a las demás asociaciones es de 0.71 (Tabla 11), esto se explica debido a la entrada de especies secundarias producto de las actividades que se llevan a cabo en esta comunidad.

Al observar la diversidad Gamma con un valor de 78 especies, se demuestra que la asociación 2 y 3 son las que más aportan a la riqueza general del paisaje (presentan 54 especies), mientras que la asociación 4 presenta $\frac{1}{3}$ de las especies totales; a pesar de ello contiene especies únicas, ausentes en el resto de las asociaciones; sin embargo la mayoría de ellas, corresponden a especies de índole secundario.

Biomasa y Contenido de Carbono

El valor del contenido de biomasa (90.53 Mg/ ha) es alto comparado con otro bosque tropical caducifolio en Michoacán y parecido con respecto a otros bosques en la vertiente del Pacífico, solo es rebasado por lo sitios en Oaxaca que registraron hasta 117 Mg/ ha y otros lugares en México que también presentan una mayor precipitación anual, este comportamiento es normal ya que la precipitación es uno de los factores que afecta positivamente la productividad del sistema aunado a la longitud del periodo seco (Tabla 14) (Dirzo, 2011; Becknell *et al.*, 2012; Arasa-Gisbert *et al.*, 2018).

La asociación 2 y 3 presentan los valores más altos en cuanto a contenido de carbono, la primera cubre una zona con mayor pendiente mientras que la segunda se establece en un área más plana, por ello, se podría concluir que que aparentemente la pendiente no es un factor relacionado con el contenido de carbono, ya que en general los árboles en el BTC son delgados y se ramifican varias veces (Figura 11) (Arasa-Gisbert *et-al*, 2018).

Existe una diferencia entre los valores de biomasa estimados para el área de estudio con cada una de las ecuaciones, sin embaro, se explica debido a que la ecuación de Návlar (2009) se basa en el DAP, este valor es independiente y se comporta de manera lineal, lo que genera que árboles con un DAP grande presentarán valores grandes de biomasa; por otro lado la ecuación de Martínez-Yrizar (1992) se basa en el logaritmo del área basal, esto hace que los valores lleguen a una asíntota y ya no crezcan más aunque el área basal aumente, lo que origina que valores grandes de área basal se estanquen en cierto punto.

En cuanto a las frecuencias diámtricas y el contenido de carbono se observa que la aportación de contenido de carbono va disminuyendo conforme aumenta el DAP; pero es de resaltar el alto contenido de carbono que añaden el grupo con DAP menor a 15 cm, la gran cantidad de individuos coopera con más de 7 Megagramos de carbono (Figura 17). En lo que respecta a los inventarios de carbono, en ocasiones no se toman en cuenta los individuos con un DAP pequeño debido a que su aprovechamiento maderable no es redituable, en la mayoría de los trabajos el DAP mínimo a censar es de 10 cm; sin embargo, hablando en términos de conservación, estos individuos en conjunto son importantes, ya que aportan un alto contenido de carbono como se observó en la zona de estudio (Gillespie *et al.*, 1990; Dirzo, 2011; Arasa-Gisbert *et al.*, 2018).

Tabla 14 Biomasa y Contenido de Carbono (CC) de algunas zonas en Michoacán, la vertiente del Pacífico y México junto con su precipitación anual promedio, *los datos calculados de CC si no existían se resolvieron a partir de la división de la biomasa entre dos.

	Zona	Precipitación anual (mm)	Biomasa (Mg/ha)	CC(Mg/ha)
Michoacán	La concha Apatzingán (López-Santiago <i>et al.</i> , 2018)	924	41.8	20.9
	Cerro de la Piñicua, La Huacana (Calculado con Martínez-Yrizar, 1992)	730	71.06	35.53
	Cerro de la Piñicua, La Huacana (Calculado con Návar, 2009)	730	90.53	45.25
Vertiente del Pacífico	Promedio Alamos Sonora (Dirzo, 2011)	712	62.76	31.83
	Chamela (Jaramillo, 2003)	679	80.74	40.37
	San Javier, Sonora (Dirzo, 2011)	760	81.5	40.75
	Promedio Chamela (Dirzo, 2011)	735	84.95	42.47
	Chamela (Martínez-Yrizar, 1992)	707	85	42.5
	Plots in Oaxaca (Corona-Nuñez, 2018)	1600	117	58.5
Otros	Reserva de la Biosfera del Abra Tanchipa, San Luis Potosí (Hernández, 2017)	1,070	82.29	41.14
	Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas [Bosque Tropical Subcaducifolio] (Rodríguez-Laguna <i>et al.</i> , 2008)	1600	137	68.5

Relación entre riqueza y contenido de carbono

La cantidad de carbono y la riqueza presentaron una correlación estrecha y esto se debe a que entre más especies presente una zona su contenido de carbono será más alto pero esta relación no se presenta de forma lineal, existe una tendencia pero el carbono no llega a un punto de saturación a mayor riqueza (Figura 21) (Rzedowski, 1978; Arasa-Gisbert *et al.*, 2018). Además que esta riqueza está relacionada con la ocupación de los distintos estratos en el bosque, debido a que cada espacio con distintas características físicas y biológicas que ofrece el cerro de la Piñicua es ocupado por una u otra especie; como ocurre en la asociación 3 que se podría decir presenta un tercer estrato ocupado por

árboles de más de 15 m de altura, la ocupación de este nuevo piso, combinado con un área basal mayor permite que su contenido de carbono sea superior.

La complejidad estructural también es un aspecto importante que afecta positivamente el contenido de carbono, las asociaciones 1, 2 y 3 presentaron prácticamente las mismas clases diámetricas, lo que acompaña su alto contenido de carbono, mientras que la asociación 4 presenta menos clases diámetricas además de rasgos de extracción selectiva y por tanto menor contenido de carbono (Arasa-Gisbert *et al.*, 2018).

La diversidad no fue un factor que afectó el contenido de carbono, además de su correlación baja, la asociación 3 presentó valores muy elevados de carbono pero su equitatividad se colocó en tercer lugar entre las asociaciones, además que presentó valores de importancia bajos señalando una nula dominancia, así que este factor no afecta la cantidad de carbono en un bosque tropical caducifolio.

CONCLUSIONES

- Se encontró un patrón en el bosque tropical caducifolio del Cerro de la Piñicua; donde lugares con alta riqueza, valores de importancia pequeños (carencia de especies dominantes) y estratos ocupados por una gran cantidad de individuos con distintas frecuencias diámetricas, presentaron un alto contenido de carbono.
- La asociación 2 y 3 son las más aptas para ser conservadas con fines de diversidad vegetal y carbono aéreo acumulado.
- La riqueza y el carbono aéreo acumulado están estrechamente correlacionados en el bosque tropical caducifolio.
- El cerro de la Piñicua presenta especies de importancia biológica, una alta diversidad y elevado contenido de carbono aéreo, lo cual lo reconocen como un lugar importante para la conservación, por lo que su adición a programas gubernamentales debe ser una prioridad, no solo para preservar todos estos atributos, si no para apoyar a la gente de la zona a aprovechar al máximo los recursos que el bosque tropical caducifolio les ofrece.
- Un programa de manejo de la zona aún es necesario; esto facilitaría el adecuado uso de las distintas asociaciones vegetales que se presentan en el cerro de la Piñicua.

BIBLIOGRAFIA

- Almazan-Nuñez, C., Arizmendi, M del C., Eguiarte, L y Corcuera, P. 2012. Changes in composition, diversity and structure of Woody plants in successional stages of tropical dry forests in southwest México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 1096-1109.
- Arasa-Gisberta, R., Vayreda, J., Román-Cuesta R., Villela S., Mayorga R y Retan J. 2018. Forest diversity plays a key role in determining the stand carbon stocks of Mexican forests. *Forest Ecology and Management* 415–416: 160–171.
- Armendáriz H. 2014. Método mexicano de ordenación de bosques irregulares. SEMARNAT.
- Arriaga, L. y Leon, J. L. 1989. The Mexican tropical deciduous forest of Baja California Sur: a floristic and structural approach. *Vegetation* 84: 45-52.
- Balvanera, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas* 21 (1-2): 136-147 pp.
- Balvanera, P., Castillo, A y Martínez-Harms, M. 2011. Ecosystem Services in Seasonally Dry Tropical Forests en *Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation* / editado por Rodolfo Dirzo Hillary S. Young, Harold A. Mooney y Gerardo Ceballos.
- Becerra, J. X. 2005. Timing the origin and expansion of the Mexican tropical dry forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:10919-10923.
- Becerril-Piña, R., González-Sosa, E., Mastachi-Loza, C., Díaz-Delgado, C y Ramos-Salinas, N. 2014. Contenido de carbono en un ecosistema semiárido del centro de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*.1:1.
- Becknell, J., Kucek, L y Powers, J. 2012. Aboveground biomass in mature and secondary seasonally dry tropical forest: A literature review and global synthesis. *Forest Ecology and Management* 276: 88-95
- Bécquer C.J y Prévost Danielle. 2014. Potencial de formación de nódulos en leguminosas forrajeras y de granos de rizobios, nativos de Sancti Spiritus, Cuba. *Revista Cubana de ciencia agrícola* 48:3.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México. Vols. II y III. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Bray, J y Curtis, J. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27 (4): 325-349.
- Brown, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. In: *Congreso Forestal Mundial*. Antalya Turquía.
- Campbell, A., Miles, L., Lysenko, I., Huges, A y Gibbs, H. 2008. Carbon storage in protected areas. Technical report. UNEP World Conservation Monitoring Center.
- Ceballos, G., Martinez, L., Garcia, A., Espinoza, E., Besaury, J y Dirzo R. 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas de México. Fondo de Cultura Económica. 594 pp.
- Contreras, J. L. 1986. *Desmanthus balsensis* (Leguminosae: Mimosoideae). Una especie nueva de la depresión del río Balsas en Guerrero, México. *Phytologia* 60:89-92.

- Corona-Núñez, Rogelio O., Campo, Julio y William, Mathew. 2018. Aboveground carbon storage in tropical dry forest plots in Oaxaca, Mexico. *Forest Ecology Management* 409:202-214.
- CITES [Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres]. 2015. Disponible en: <<https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>> Consultado en Noviembre 2015.
- CONABIO. 2010. Carta Hidrológica. México. Escala 1:1,000,000.
- CONABIO. 2018. Fichas de especies. Disponible en línea: http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/J084_Fichas%20de%20Especies.pdf. Consultado en Abril del 2018.
- CONAFOR. 2018a. Apoyos del fondo patrimonial de la Biodiversidad. Disponible en línea: <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-del-fondo-patrimonial-de-biodiversidad>. Consultado en Abril del 2018.
- CONAFOR. 2018b. Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable. Disponible en línea: <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/programa-apoyos-para-el-desarrollo-forestal-sustentable>. Consultado en Abril del 2018.
- CONAFOR. 2014. Estrategia Nacional para REDD+ (ENAREDD+). Disponible en línea: <http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2015/08/Estrategia-Nacional-para-REDD.pdf>. Consultado en Abril 2018.
- CONANP. 2018. Disponible en línea: <https://simec.conanp.gob.mx/consulta_fichas.php> Consultado Abril del 2018.
- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes via simple coverage. *Journal of the American Statistical Association* 87:210-217.
- De-Nova, J. A., Medina, R., Montero, J C., Weeks, L., Rosell, J A., Olson, M E., Eguiarte, L E y. Magallón S. 2012. Insights into the historical construction of species-rich Mesoamerican seasonally dry tropical forests: the diversification of *Bursera* (Burseraceae, Sapindales). *New Phytologist* 193:276-287.
- Diego-Pérez, Nelly. 2011. Sterculiaceae. *Flora de Guerrero: No 45*. México: UNAM. Facultad de Ciencias.
- Dirzo R. 2011. *Seasonally Dry Tropical Forest. Ecology and Conservation*. Island Press. Washington DC.
- Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. INAFED. Disponible en línea: <<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16035a.html>>. Consultado en Noviembre del 2015.
- Felger, R., Johnson, M y Wilson, M. 2001. *The trees of Sonora*. Oxford University Press.
- Flora del Bajío y regiones adyacentes. 2018. Instituto de ecología A.C. México.
- Flora de Guerrero. 2011. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Flora Novo-galiciana. 1985. Rogers McVaugh; editor, William R. Anderson. University of Michigan Press.
- Gallardo-Cruz, J. A., Meave, J. A y Pérez-García, E. A. 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.

- García- Pineda, F., Arredondo-Amezcu, L e Ibarra-Manríquez, G. 2007. Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas Guerrero. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 129-139 pp.
- Gentry H. Alwyn. 1988. Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. *Neotropical floristics*. 146-194.
- Gillespie, J.R Andrew., Brown, Sandra y Lugo Ariel E. 1992. Tropical forest biomass estimation from truncated stand tables. *Forest Ecology and Management* 48: 69-87.
- Gómez, J. 2008. Determinación de los almacenes de carbono en los compartimentos aéreo y subterráneo de dos tipos de vegetación en la reserva de la biósfera Sierra de Huautla, Morelos, México. Tesis, Colegio de Postgraduados.
- González, F. 2004. Las comunidades Vegetales de México. 2da edición. Instituto Nacional de Ecología. México. 81pp.
- Griscom, H. P y Ashton M. S. 2011. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management* 161:1564-1579.
- Hernández Puerta, Abel. 2000. Estudio para la utilización de mezquite *Prosopis laevigata* (Humb & Bonpl. ex Wild) M.C Johnst., como recurso natural para impulsar las zonas erosionadas del país. Tesis que para obtener el título de Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Husch, B. 2001. Estimación del contenido de carbono de los bosques. Simposio internacional, medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Octubre, 2001. Valdivia, Chile. 9 pp.
- Imaña, J., Antunes, O y Rainier, C. 2011. Estructura diamétrica de un fragmento del bosque tropical seco de la región del Eco-Museo del Cerrado, Brasil. *Colombia Forestal* 14: 23-30.
- INEGI.2010a. Censo de Población y Vivienda (ITER. Principales resultados por localidad). Disponible en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx. Consultado en Septiembre 2015.
- INEGI.2010b. Carta topográfica. La Huacana, E14A51, Michoacán. Escala 1:50,000.
- INEGI.2010c. Continuo de Elevación Mexicano. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continuoelevaciones.aspx>. Consultado en Septiembre 2015.
- INEGI.2010d. Carta Geológica. México. Escala 1:1,000,000.
- INEGI.2010e. Carta Edafológica. México. Escala 1:1,000,000.
- INEGI2010f. Carta climatológica. México. Escala 1:1,000,000.
- INEGI.2010g. Carta de Uso de Suelo y Vegetación. México. Escala 1:1,000,000.
- IUCN [Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza]. 2015. Lista roja. Disponible en www.iucnredlist.org. > Consultado en Enero 2018.
- Jaramillo, V., Kauffman, B., Rentería-Rodríguez, L., Cummings, D y Ellingson, L. 2003. Biomass, Carbon, and Nitrogen Pools in Mexican Tropical Dry Forest Landscapes. *Ecosystems* 6: 609–629.
- Köppen, W. 1948. Climatología. Fondo de cultura económica. México, D.f. 478 pp.
- López- Ramos, E. 1981. Paleogeografía y tectónica del Mesozoico en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista* 5(2):158-177.

- López-Santiago, J., Casanova-Lugo, F., Villanueva-López, G., Díaz-Echeverría, V., Solorio-Sánchez, F., Martínez-Zurimendi, P., Aryal, D y Chay-Canul, A. 2018. Carbon storage in a silvopastoral system compared to that in a deciduous dry forest in Michoacán, Mexico. *Agroforest Syst.*
- Lot, A. y Chiang, F. 1986. Manual de herbario: Administración y manejo de de colecciones, técnicas y preparación de ejemplares botánicos. Consejo nacional de flora de México A. C. México. 342 pp.
- Lott, E. y Atkinson, T. 2010. Diversidad florística en Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. Conabio y Fondo de Cultura Económica. México.
- MacDicken, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. Forest Carbon Monitoring Program. 87 pp.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell, Cambridge, Massachusetts. 256 pp.
- Martínez-Cruz, J., Méndez-Toribio, M., Cortez-Flores, J., Coba-Pérez, P., Cornejo Tenorio, G e Ibarra-Manríquez, G. 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 pp.
- Martinez-Yrizar, A., Maass, M., Perez-Jimenez, L. A y Sarukhan, J. 1995. Net Primary Productivity of a Tropical Deciduous Forest Ecosystem in Western Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, Vol. 12, No. 1 (Enero., 1996), pp. 169-175.
- Martinez-Yrizar, Angelina., Sarukhan, Jose., Perez-Jimenez, Alfredo., Rincon, Emmanuel., Manuel Maass, Jose., Solis-Magallanes, Arturo y Cervantes, Luis. 1992. Above-Ground Phytomass of a Tropical Deciduous Forest on the Coast of Jalisco, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 8 (1):87-96.
- Meave, J.A., Romero-Romero, M.A., Salas-Morales, S.H., Pérez-García, E.A y Gallardo-Cruz, J.A. 2012 .Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas* 21 (1-2): 85-100.
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Cruz, J., Cortés-Flores, J., Rendón-Sandoval, F e Ibarra-Manríquez, G. 2014. Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tziritzicuaru, Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1117-1128.
- Miranda, F y Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Montaño, N. M., Ayala, F., Bullock, S. H., Briones, O., García, F., García, S., Maya, Y., Perroni, C., Siebe, Y., Tapia, T., Troyo, E. y Yépez, E. 2016. Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: Síntesis y perspectivas. *Terra Latinoamericana* 34: 39-59.
- Montoya, G., Soto, L., de Jong, B., Nelson, K., Farias, P., Tic Pajal. Yakac., Taylor, J. y Tipper, R. 1995. Desarrollo forestal sustentable: captura de carbono en las zonas Tzeltal y Tojolabal del estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología. Cuadernos de Trabajo 4. México D. F. 50 pp.

- Mora, F., Jaramillo, V., Bhaskar, R., Gavito, M., Siddique, I., Byrnes, J. y Balvanera P. 2018. Carbon Accumulation in Neotropical Dry Secondary Forests: The Roles of Forest Age and Tree Dominance and Diversity. *Ecosystems* 21: 536–550.
- Mueller–Dombois, D. y H, Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley, New York. 547 pp.
- Návar-Cháidez, J., Rodríguez-Flores, F y Domínguez-Calleros, P. 2013. Ecuaciones alométricas para árboles tropicales: aplicación al inventario forestal de Sinaloa, México. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):347-356.
- Návar, José. 2010. Alometría para biomasa en especies arbóreas del noroeste de México. *Trop Subtrop Agroecosyt* 12:507–519.
- Návar, José. 2009. Measurement and Assessment Methods of Forest Aboveground Biomass: A Literature Review and the Challenges Ahead. CIIDIR-IPN Unidad Durango. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/biomass/methods-of-assessment-of-aboveground-tree-biomass>.
- Návar, José. 2014. Pan tropical biomass equations for México dry forest. *Agronomía Colombiana* 3: 367-376.
- Návar, José., Nájera, Juan y Jurado, Enrique. 2001. *Journal of Arid Environments* 47: 281–290.
- Nakama, V., Alfieri, A., Casas, R., Lupi, A., López, G. y Pathauer, P. 2003. Secuestro de carbono en plantaciones forestales de la región centro oeste de la provincia de Buenos Aires. 11 pp.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental. Especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestres. Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de Especies en Riesgo. Diario Oficial de la Federación 2ª Sección, 30 de diciembre del 2010.
- Office. 2018. Soporte de office. Disponible en <https://support.office.com/es-es/article/coef-de-correl-funci%C3%B3n-coef-de-correl-995dcef7-0c0a-4bed-a3fb-239d7b68ca92>.
- Ordóñez, D.J.A.B. 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. Desarrollo gráfico editorial. México, D. F. 72 pp.
- O-Toris, J., Maldonado, B y Martínez-Garza, C. 2012. Efecto de la perturbación en la comunidad de herbáceas nativas y ruderales de una selva estacional mexicana. *Botanical Sciences* 90 (4): 469-480.
- Pineda-García, F., Arredondo- Amezcua, L e 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.
- Portillo-Quintero, C., Sanchez- Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Quesada, M y Santo, M. 2015. The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. *Reg Environ Change* 15:1039–1049.
- Ramirez, J.y Durán, R. 2001. Una especie nueva de *Bursera* (Burseraceae) del estado de Guerrero, México. *Acta Botanica Mexicana* 55: 7-12.

- Rodríguez-Laguna, R., Jiménez-Pérez, J., Meza-Rangel, J., Aguirre-Calderón, O y Razo-Zarate, R. 2008. Carbono contenido en un bosque tropical subcaducifolio en la reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4 (2):215 -222.
- Rojo-Martínez, G. E., Jasso-Mata, J y Velásquez-Martínez, A. 2003. Las masas forestales como sumideros de CO₂ ante un cambio climático global. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9: 57-67.
- Romero, I.2011. Sucesión secundaria en un bosque tropical caducifolio; evaluación al quinto año del establecimiento de una cronosecuencia. Tesis que para obtener el título de Bióloga, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rzedowski, J. 2004. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de Biodiversidad, México, 504 pp.
- Rzedowski, J., Medina-Lemos, R. y Calderón- de Rzedowski, G. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botanica Mexicana* 70:85-111.
- Rzedowski, J. y Calderón-de Rzedowski, G. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 102:1-23.
- Schluter, D. y Ricklefs, R. E. 1993. *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives*. University of Chicago Press. 414 pp.
- Schulze, E.D., Wirth, Ch y Heimann, M. 2000. Managing forest after Kyoto. *Science*. 289(5487): 2058-2059.
- SEMARNAT [Secretaria del medio ambiente y Recursos Naturales]. 2018. Disponible: <https://www.gob.mx/semarnat>. Consultado en Febrero 2018.
- Smith, T.M., Cramer, W.P., Dixon, R.K., Leemans, R., Neilson, R.P. y Solomon, A.M. 1993. The global terrestrial carbon cycle. Wisniewski, J. and Sampson, R. N. (Eds). *Terrestrial biosphere carbon fluxes: quantification and sources of CO₂* Klumer Academic Publishers, Netherlands. 19-37.
- Squeo, A Francisco., Cavieres, A Lohengrin., Arancio, Gina., Novoa, E José., Matthei, Oscar., Marticorena, Clodomiro., Rodríguez, Roberto., Arroyo, T.K Mary y Muñoz, Melica. 1998. Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 571-591.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia de México. *Conacyt, México*, D. F. 111-122.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*. 163: 688
- SMN-CONAGUA [Servicio Meteorológico Nacional – Comisión Nacional del Agua]. 2010. Normales climatológicas por estación. Estación Zicuirán. Disponible: <<http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=cocontent&view=article&id=12:temperaturayprecipitacion&catid=6:slider>http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12:temperatura-y-precipitacion&catid=6:slider&Itemid=65&Itemid=65>. Consultado en Febrero del 2018.
- Soberon, J. y Llorente, J. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction species richness. *Conservation Biology* 7:571-591.

- Vargas, R., Allen, M y Allen, E. 2008. Biomass and carbon accumulation in a fire chronosequence of a seasonally dry tropical forest. *Global Change Biology* 14: 109–124.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M y Umaña, A M. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Bogotá, Colombia. 236 pp.
- Werner, Nader. y Nicolás, Mateo. 2001. Biodiversity- resource for new products, development and self-reliance. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo, Costa Rica.
- Zacarías-Eslava, L., Cornejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., Castañeda, N e Ibarra-Manríquez, G. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 854-869

Anexo 1. Listado florístico

Forma de Vida determinada por la bibliografía: Árbol (FE), Arbusto (FC).

Distribución: Endémico (E), México (Mex), Amplia Distribución, es decir, sobrepasa los límites políticos de México (AD)

Estatus de protección: NOM059-SEMARNAT-2010 (NOM059)- Amenazada (A*), Sujetas a protección (PR), Lista roja de la IUCN (2017) (IUCN)- En peligro (EN), Vulnerable (VU), Riesgo bajo (LR), Baja preocupación (LC), Estado desconocido (UNKNOWN), Decaimiento (DRECREASING), CITES (2017) (CITES).

*Especies no censadas (encontradas fuera de las unidades de muestreo)

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	FORMA DE VIDA	DISTRIBUCION	ESTATUS DE PROTECCIÓN	NOMBRE COMÚN
Acanthaceae	<i>Aphelandra madrensis</i> Lindau	FC	Mex		
	<i>Justicia candicans</i> (Nees) L.D. Benson	FC	AD		
	* <i>Ruellia pringlei</i> Fernald.	FC	Mex		
Achatocarpaceae	<i>Achatocarpus gracilis</i> H. Walter	FC	Mex		Cerezillo
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.	FE	AD		Coachalalate
	<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth	FE	Mex		Chincumpu
	<i>Spondias mombin</i> L.	FE	AD		Ciruelo
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.	FE	AD		
	* <i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	FC	AD		Ahuijote
Asteraceae	<i>Koanophyllon albicaulis</i> (Sch.Bip. ex Klatt) R.M.King & H.Rob.	FC	AD		Matón
	<i>Vernonia pooleae</i> B.L. Turner	FC	Mex		Palo perico
Bignoniaceae	* <i>Crescentia alata</i> Kunth	FC	AD		Cilian
	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	FE	AD	IUCN- LC	Tabebuia
Boraginaceae	<i>Cordia elaeagnoides</i> DC.	FE	Mex		Cueramo
	<i>Cordia globulifera</i> I.M. Johnst.	FE	Mex		Chirare
Bromeliaceae	* <i>Hechtia reticulata</i> L.B. Sm.	FC	Mex		
	* <i>Tillandsia maritima</i> Matuda	E	Mex		
Burseraceae	<i>Bursera crenata</i> Paul G. Wilson	FE	Mex		Punzumate
	<i>Bursera aff. fagaroides</i> (Kunth) Engl.	FE	Mex		
	* <i>Bursera grandifolia</i> (Schltdl.) Engl.	FE	Mex		
	<i>Bursera heteresthes</i> Bullock	FE	AD		Copal
	<i>Bursera sarukhanii</i> Guevara & Rzed.	FE	Mex		
Cactaceae	<i>Mammillaria backebergiana</i> F.G. Buchenau	FC	Mex	CITES/IUCN- UNKNOW/ NOM 059-PR	
	<i>Mammillaria schumannii</i> Hildm.	FC	Mex	CITES/ IUCN- EN	
	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i> (Bravo) Backeb.	FE	Mex	CITES/IUCN-LC	
	<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber ex Diguet	FE	Mex	CITES	
	<i>Pachycereus marginatus</i> (DC.) Britton & Rose	FC	Mex	CITES/IUCN- UNKNOW	
	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i> (Engelm. ex S. Watson) Britton & Rose	FE	Mex	CITES/ IUCN- LC	Pitayo
	<i>Pachycereus weberi</i> (J.M. Coulst.) Backeb.	FC	Mex	CITES/ IUCN- DECREASING	Pitire-Pachón
	<i>Peniocereus cuixmalensis</i> Sánchez-Mej.	FC	Mex	CITES/ IUCN- VU/ NOM 059- PR	
	<i>Stenocereus chrysocarpus</i> Sánchez-Mej.	FE	Mex	CITES/IUCN-LC	Teyapo
	<i>Stenocereus treleasei</i> (Vaupel) Backeb.	FC	Mex	CITES/IUCN-LC	
	<i>Stenocereus quevedonis</i> (J.G. Ortega) Buxb.	FE	Mex	CITES/IUCN-LC	Pitire
<i>Stenocereus</i> spp.	FC	AD	CITES		
Capparaceae	<i>Capparis asperifolia</i> C. Presl	FE	Mex		
Caricaceae	<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	FE	AD		
Celastraceae	<i>Crossopetalum managuatillo</i> (Loes.) Lundell	FC	Mex		Colorín

Moraceae	<i>*Ficus cotinifolia</i> Kunth	FE	AD		Higuerilla
	<i>*Ficus turrialbana</i> W.C. Burger	FE	AD		
Nyctaginaceae	<i>Salpianthus arenarius</i> Bonpl.	FC	Mex		Catarina
Resedaceae	<i>Forchhammeria pallida</i> Liebm.	FE	Mex		
Rhamnaceae	<i>*Colubrina heteroneura</i> (Griseb.) Standl.	FE	AD		Cerezo Corongoro
	<i>Karwinskia johnstonii</i> R. Fernandez	FC	Mex		
	<i>Ziziphus sonorensis</i> S. Watson	FE	Mex		
Rubiaceae	<i>Deppea cornifolia</i> (Benth.) Benth.	FC	Mex		Cruzillo
	<i>Genipa americana</i> L.	FE	AD		
	<i>Randia obcordata</i> S. Watson	FC	AD		
	<i>Randia thurberi</i> S. Watson	FC	AD		
Rutaceae	<i>Ptelea trifoliata</i> L.	FC	AD		Zapotillo
	<i>Zanthoxylum purpusii</i> Brandegee	FC	Mex		
Primulaceae	<i>Bonellia macrocarpa</i> (Cav.) B. Ståhl & Källersjö	FC	AD		
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum coulteri</i> A. Gray	FE	AD	NOM059-A* IUCN-LR	Guayacan

