



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

**FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA COMUNIDAD DE
ENCINO EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, CIUDAD DE
MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

KARLA BERENICE FRANCO REYES

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO

FACULTAD DE CIENCIAS

CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO DE 2020





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

**FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA COMUNIDAD DE
ENCINO EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, CIUDAD DE
MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

KARLA BERENICE FRANCO REYES

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO

FACULTAD DE CIENCIAS



CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO DE 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.**

Comunico a usted que la alumna **FRANCO REYES KARLA BERENICE**, con número de cuenta **307146599**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **04 de febrero de 2020** a las **11:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	Dr. ARCADIO MONROY ATA	
VOCAL	Dra. SILVIA CASTILLO ARGÜERO*	
SECRETARIO	M. en C. MARÍA MAGDALENA AYALA HERNÁNDEZ	
SUPLENTE	M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ	
SUPLENTE	Dr. EFRAÍN REYES ÁNGELES CERVANTES	

El título de la tesis que presenta es: **Fenología reproductiva de la comunidad de encino en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México.**

Opción de titulación: Tesis

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
 Ciudad de México, a 22 de noviembre de 2019

DR. VICENTE JESÚS HERNÁNDEZ ABAD
 DIRECTOR
 ZARAGOZA
 DIRECCIÓN

RECIBÍ
 OFICINA DE EXÁMENES
 PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
 Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
 JEFE DE CARRERA

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme las puertas al conocimiento y formarme como profesional y como persona.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme en la carrera que siempre anhele, la Biología.

Al proyecto PAPIME con número PE204413, “Ecología de las malezas y especies introducidas en el bosque templado de la cuenca del río Magdalena” y al proyecto PAPIIT con número IN216014, “Importancia de las malezas en las comunidades secundarias del bosque templado de la cuenca del río Magdalena”, por el apoyo financiero y las facilidades otorgadas para la realización de esta tesis.

A la comunidad de la Magdalena Atlitlic, por permitirnos aprender todas las maravillas que el bosque de encino tenía preparadas para nosotros, esperando que toda la investigación generada les sirva como herramienta para cuidarlo y conservarlo para las futuras generaciones.

A mi directora de tesis la Dra. Silvia Castillo Argüero, por el apoyo incondicional para culminar esta etapa de mi vida académica, por siempre alentarme a continuar y a no desistir en este difícil camino, por la gran paciencia, entusiasmo y pasión que te demuestra cada día y que es un motivo de admiración y respeto.

A los integrantes de mi honorable jurado, el Dr. Arcadio Monroy Ata, a la M. en C. María Magdalena Ayala Hernández, al M. en C. Germán Calva Vásquez y el Dr. Efraín Reyes Ángeles Cervantes, por su apoyo en la revisión, las aportaciones y recomendaciones que contribuyeron al enriquecimiento de esta tesis.

A la M. en C. Yuriana Martínez Orea, por su apoyo en campo y laboratorio, por todas las dudas resueltas a lo largo de mi estancia en el laboratorio y en campo, por ser una muy buena guía y contagiar su gran entusiasmo por la Biología.

Al Biólogo Marco Romero Romero, por su apoyo técnico y el desarrollo de las bases de datos del laboratorio.

Al grupo de Dinámica de Comunidades integrado por Lety, Yasmin, Daniel, Yeimi, Brenda, Tania, Claudia, Adrián, Gustavo y demás compañeros que pertenecen a este magnífico equipo, gracias por el apoyo otorgado en las salidas a campo y siempre estar dispuestos a ayudarme.

A todos mis grandes amigos de la prepa 7 con los cuales compartí los inicios de mi formación académica en la máxima casa de estudios, la UNAM.

A todos los profesores que he tenido a lo largo de mi carrera académica y a todas las amistades que conocí en esta maravillosa etapa de mi vida, que me llenaron de conocimiento y amor por lo que estudiamos.

Dedicatoria

Con profundo agradecimiento a mis padres Silvia Reyes Martell y José Manuel Franco González, que, aunque no estés en este mundo que siempre ilumines mi camino padre mío, por siempre estarás en mi corazón te amo Daddy. Por ser esas dos grandes personas que me dieron la vida y que en todo momento han respetado mis decisiones y me han motivado a nunca rendirme ante las adversidades. A mi mamá por ser esa gran guerrera incansable que posee mucha fortaleza, muchas gracias por nunca dejar de apoyarme para alcanzar mis metas y nunca dejar de creer en mí.

A mis hermanos Alejandra Mara y Héctor Andrés y mis otros hermanos Omar Reyes y Ulises Reyes, porque siempre han sido muy especiales en mi vida y me cuidaron en todo momento, crecí con ustedes y tuve la mejor infancia que pude desear.

A mis sobrinos Luna, Francisco, Andrea, Alaia, Tati y los que faltan... que siempre me vean como esa tía que los ama incondicionalmente y siempre seré su apoyo para que cumplan sus metas, por ser esos angelitos hermosos que nos enseñan mucho de la sencillez y la felicidad.

A la familia Reyes y Franco que, integrado por tíos, primos y sobrinos; siempre han sido un gran ejemplo de respeto y admiración por cada una de las enseñanzas que he visto en cada uno de ustedes.

En memoria de mi abuelita Consuelo González por siempre cuidarme, desde antes de que yo naciera y contarme tantas historias que en verdad llenaron de alegría mi vida.

Con especial agradecimiento a la familia González Romero, porque desde que me conocieron me han apoyado y he llegado a quererlos y estimarlos demasiado, muchas gracias por acogerme.

A la familia González Juárez por su apoyo y su confianza. Gracias "Jefita" por siempre darme su bendición.

A mis amigos de la carrera el Migue, el Cuchuflais, la Juana, la Angiemal y el Pelez que siempre fueron los que a pesar de altas y las bajas seguíamos en el camino, sufrimos, lloramos y reímos juntos, que nunca termine nuestra gran amistad.

A mi nueva familia que he formado con Fidel González Romero y nuestros amados hijos José Suré González Franco y Valeria Xareni González Franco, que siempre logremos todos nuestros planes de vida juntos y en armonía, que lleguemos a ser los padres que necesitan nuestros hijos para que sean mejores cada día. Los amo y siempre serán mi gran motor para dar lo mejor de mí.

"Abuelo, ¿qué son las flores?"

-Las flores son los ojos de las plantas como tus ojos son las flores en el jardín de tu rostro. Por esas flores, ojos con aromas, las plantas, miran, alegran, atraen y curan el alma de los hombres".

Fragmento del poema Secretos del abuelo de Jorge Cocom Pech.

Índice de contenido

Págs.

Resumen	1
Introducción	2
1.1 Los bosques templados en México.....	2
1.2 Los bosques de encino.....	3
1.3 Fenología.....	5
1.4 Factores que intervienen en la fenología reproductiva.....	7
1.5 Factores abióticos.....	8
1.6 Factores bióticos.....	10
Justificación	14
Objetivos	16
3.1 Objetivo general.....	16
3.2 Objetivos particulares.....	16
Hipótesis	17
Método	18
5.1 Área de estudio.....	18
5.2 Delimitación del área de estudio.....	18
5.3 Muestreo.....	19
5.4 Registro fenológico.....	20
5.5 Variable dasonómica.....	21
5.6 Factores abióticos.....	22
5.6.1 Condiciones ambientales.....	22
5.6.2 Características del suelo.....	22
5.6.2.1 Propiedades físicas.....	22

5.6.2.2 Propiedades químicas.....	23
5.7 Análisis de datos.....	24
5.7.1 Fenología reproductiva.....	24
5.7.2 Índice de sincronización.....	24
5.7.3 Análisis de correspondencia canónica (CCA).....	25
Resultados	26
6.1 Fenología reproductiva de la comunidad de encino.....	26
6.2 Floración.....	27
6.2.1 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 1.....	27
6.2.2 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 2.....	32
6.2.3 Comparación de la floración en ambas unidades.....	36
6.3 Fructificación.....	38
6.3.1 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 1.....	38
6.3.2 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 2.....	43
6.3.3 Comparación de la fructificación en ambas unidades.....	47
6.4 Análisis de correspondencia canónica (CCA).....	49
Discusión	51
7.1 Fenología reproductiva a nivel comunitario.....	51
7.1.2 Floración.....	51
7.1.3 Fructificación.....	54
7.1.4 Fenología reproductiva entre las unidades ambientales.....	57
7.1.5 Fenología reproductiva entre distintas formas de crecimiento.....	58
7.1.6 Fenología reproductiva entre distintos síndromes de dispersión.....	60
7.1.7 Fenología reproductiva y su relación con los efectos de disturbio.....	61

7.1.8 Fenología reproductiva de la composición y diversidad florística.....	62
Conclusiones	64
Referencias	65
Apéndices	78
Apéndice 1. Características biofísicas de las unidades ambientales del bosque de encino.....	78
Apéndice 2. Formas de crecimiento de los patrones reproductivos en ambas unidades.....	79
Apéndice 3. Síndromes de dispersión de las especies en ambas temporadas y unidades	81
Apéndice 4. Humedad relativa y porcentaje de humedad del suelo en ambas unidades	85
Apéndice 5. Tabla de las especies registradas en este estudio.....	86

Resumen

Se determinó el patrón fenológico reproductivo mediante la observación y registro de estructuras reproductivas (flores y frutos), por medio de recorridos mensuales en dos unidades ambientales del bosque de encino en la cuenca del río Magdalena, durante febrero del 2014 a marzo del 2015. También, se estableció la relación con algunos factores ambientales, como la temperatura, precipitación, humedad y luz, y algunas características del suelo (pH, CE, MO, N, P, K, humedad relativa). Se registró la presencia de flores y frutos correspondientes a 50 familias, 109 géneros y 160 especies. Para la unidad ambiental 1 un total de 99 especies presentaron flores y 55 especies presentaron frutos, mientras que para la unidad ambiental 2 105 especies presentaron flores y 65 presentaron frutos.

Los patrones fenológicos fueron establecidos mediante un Análisis de Conglomerado (CLUSTER) a través de una clasificación de dos vías (TWINSPAN) la cual generó un dendrograma que muestra los diferentes grupos establecidos en cada unidad ambiental. Por lo que se establecieron cuatro patrones fenológicos de floración y dos de fructificación para cada unidad. En el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), se observa que los patrones de floración están más relacionados con la temperatura, mayor incidencia de luz y con mayor cantidad de P y MO en la temporada de secas y los patrones de fructificación con mayor humedad en el suelo y precipitación en la temporada de lluvias.

Palabras clave: bosque templado, dinámica de ecosistemas, patrones fenológicos reproductivos, presión antrópica, servicios ecosistémicos.

Introducción

1.1 Los bosques templados en México

Los bosques templados de México se distribuyen principalmente en las provincias fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre Oriental y Sierra Madre del Sur, y corresponden al segundo bioma más extenso del país, cubren aproximadamente 21% del territorio nacional (Rzedowski, 1992). Además, están considerados como uno de los ecosistemas con mayor diversidad arbórea en el nivel mundial (Guzmán *et al.*, 2014).

Los bosques templados se subdividen entre los de clima templado subhúmedo y los de clima templado húmedo. Los primeros incluyen los bosques de coníferas (de pino, abeto u oyamel, ayarín, cedro y táscate), bosques de latifoliadas y bosques mixtos. Los bosques de clima templado húmedo son los bosques mesófilos de montaña y algunos bosques de oyamel (Challenger y Soberón, 2008).

Se ha calculado que la flora fanerogámica de México de los ecosistemas de clima templado subhúmedo es de alrededor de 7 000 especies, lo que representa, casi la cuarta parte de la flora nacional (Rzedowski, 1998). Los bosques de encinos son el tipo de vegetación con la distribución potencial más amplia dentro de este tipo de clima, estimada en 10 millones de hectáreas, un tercio de ellas en condiciones de vegetación secundaria (Challenger y Soberón, 2008).

Sin embargo, la gran riqueza florística de los bosques templados enfrenta un problema ambiental grave, la tasa de modificación de la superficie vegetal que cubre, se ha incrementado considerablemente (Medina y Tejero-Diez, 2006). La tasa de deforestación de 1976 a 2000, fue 0.25% anual, que representó una

reducción en la cobertura vegetal original de un área de 20 000 km² (Mas *et al.*, 2004). Los ecosistemas forestales proveen una amplia variedad de servicios ecosistémicos que incluyen: aprovisionamiento: obtención de madera, leña y productos forestales no maderables; regulación: captación de agua de lluvia o control de temperatura; soporte: la formación de suelo, la productividad primaria de la biomasa forestal y servicios culturales que proveen un beneficio religioso, recreativo y cultural, entre otros (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). Debido a la gran variedad de servicios que ofrecen los ecosistemas forestales en México, cerca de 11.04 millones de personas (~9.8% de la población nacional) dependen de los recursos forestales (FAO, 2010 y CONAFOR, 2014), por lo que su restauración y/o conservación forestal se relaciona con el bienestar en las comunidades rurales.

1.2 Los bosques de encino

Los encinares son un tipo de vegetación heterogéneo que está, integrado por una diversidad muy amplia de comunidades distintas, desde encinares caducifolios y de altura corta que forman bosques semiabiertos en las áreas de transición con zonas de clima más seco y cálido, hasta encinares en zonas muy húmedas, densos, altos y perennifolios, en las áreas más lluviosas de las masas montañosas, así como las variantes entre estos dos extremos (Challenger y Soberón, 2008). Los bosques de pino-encino se encuentran en las áreas de transición entre los bosques de encino y los de pino, predominando los encinos a menor altitud y los pinos a mayor elevación. Aun cuando los géneros de los árboles asociados a los bosques de coníferas y encinos son de afinidad principalmente boreal, en este mismo nivel el sotobosque de estas comunidades

está compuesto en proporciones similares (37%) por elementos de afinidad neártica y neotropical (Challenger y Soberón, 2008).

Se estima que existen alrededor de 531 especies de *Quercus* a nivel mundial y aproximadamente 161 en México de las cuales 109 son endémicas (Valencia, 2004), aunque otros autores consideran solo a 86 especies (Nixon, 1998; Zavala, 1998).

México es considerado el mayor centro de riqueza y evolución de encinos, albergando el 68% del total del continente americano (Arizaga *et al.*, 2009). Los encinares están ampliamente distribuidos en los macizos montañosos de México, y cubren aproximadamente 5.5% de la superficie total del país. La mayor diversidad de sus especies se presenta en un intervalo altitudinal que va de los 1 200 a 2 800 m s.n.m, no obstante, hay registros desde los 200 hasta los 3 500 de altitud. Los estados con mayor riqueza de encinos son Nuevo León, Veracruz y Oaxaca. Sin embargo, las entidades con mayor información científica sobre este tipo de vegetación son Jalisco, Guerrero, Edo. de México y Michoacán. Así mismo, Quintana Roo es el único estado donde no hay encinos de manera natural (Arizaga *et al.*, 2009).

Las especies del género *Quercus* juegan un papel fundamental en la captura de carbono y contribuyen a mantener la diversidad biológica al establecer una gran diversidad de interacciones ecológicas con hongos, insectos, vertebrados y otras plantas (Kappelle, 2006). Los bosques de encino son de los ecosistemas más biodiversos y son el hábitat de especies asociadas como epífitas, musgos y líquenes (Kappelle, 2006). En los bosques de encino se

obtienen productos maderables y no maderables entre ellos, forraje y en algunos casos medicinal o alimenticio (Luna *et al.*, 2003; Rzedowski, 2006).

Dentro de los usos medicinales de los encinos destacan los utilizados para tratar enfermedades de las vías respiratorias, trastornos digestivos, problemas circulatorios, entre otros padecimientos. También se pueden consumir diferentes estructuras como hojas, flores o frutos ya sea preparando bebidas como el tesgüino, bebida local de algunas regiones de México. Además, se puede obtener harina tostando y moliendo las bellotas, para la elaboración de tortillas, pan, atole, pinole, chocolate entre otros (Jiménez, 1990; Luna *et al.*, 2003).

1.3 Fenología

Fenología, palabra que deriva del griego *phaino* (mostrar) y *logos* (tratado), este término fue propuesto por el botánico belga Charles Morren en 1849. Sin embargo, los primeros trabajos de observación fenológica provienen de la antigua China, quienes desarrollaron calendarios fenológicos (Hudson y Keatley, 2010).

El Programa Biológico Internacional (IBP), en 1972, definió la fenología como el estudio de la secuencia temporal de eventos biológicos recurrentes con la finalidad de interpretar las causas bióticas y abióticas de tales secuencias y la interrelación entre las fases ocurridas en especies iguales o diferentes (Hudson y Keatley, 2010). En 1974, Lieth describió el término como el arte de observar las fases del ciclo de la vida de plantas y animales y su ocurrencia temporal a lo largo del año. Existen numerosas definiciones del término fenología, pero en general se reconoce como el estudio de los eventos periódicos que ocurren dentro del ciclo de vida de cualquier ser vivo y de cómo éstos están influenciados por factores bióticos y abióticos (Nakar y Jadeja, 2015).

La fenología es un campo de la ciencia que se refiere a la descripción y el análisis de los cambios cuantitativos y cualitativos de las respuestas de los organismos, dadas por los estímulos ambientales. También se ocupa del ritmo, tasas, pausas, sincronía y las interrelaciones de tales respuestas y variaciones (Gómez, 2010).

En los estudios fenológicos los eventos biológicos suceden cíclicamente, es por ello que comúnmente se les presenta en series denominadas fenofases o fases fenológicas, que corresponden al tiempo durante el cual cierta estructura surge, se modifica o deja de presentarse (De Cara, 2006). Las fenofases de carácter reproductivo, corresponden a la floración y fructificación, mientras que las fenofases vegetativas, incluyen la foliación y defoliación de las plantas (Williams-Linera y Meave, 2002; Gómez, 2010). El tiempo que abarcan dos fenofases sucesivas, se le conoce como etapa fenológica (De Cara, 2006). Por lo tanto, los trabajos fenológicos pueden estar enfocados en una o varias fenofases según el objetivo planteado, como por ejemplo la floración puede estudiarse desde la producción de botones florales hasta la polinización de las flores maduras (Rathcke y Lacey, 1985).

Newstrom *et al.*, (1994), consideraron varios criterios de clasificación de los patrones fenológicos, entre ellos están la frecuencia, regularidad, duración y amplitud de las fenofases. César-García (2002) clasificó a las fenofases reproductivas según, la duración y estableció a los patrones en: (a) corto, cuando la fenofase ocurrió en un periodo menor a cinco meses, (b) largo, cuando el periodo ocurrió entre cinco y diez meses y (c) todo el año, cuando la etapa reproductiva se llevó de once a doce meses.

Del mismo modo este mismo autor propone una temporalidad de las fenofases clasificándolas en: (a) lluvias, la fenofase se presenta entre los meses de mayo y noviembre; (b) secas, la fenofase ocurre entre noviembre y mayo del siguiente año; y (c) intermedio, cuando la fenofase se registra a finales de la época de lluvia y principios de las secas o viceversa.

Los estudios fenológicos han sido de gran importancia para conocer los procesos relacionados con la estructura y función de las comunidades, así como su relación con los factores que influyen en los ritmos biológicos, también han contribuido a la solución de algunos problemas forestales, ya que aportan información sobre la biología de la reproducción de algunas especies, la dinámica de las comunidades, la interacción planta-animal y el ciclo de vida de los animales, que dependen de las plantas para su alimentación (Mantovani *et al.*, 2003; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008; Cortés-Flores *et al.*, 2011).

1.4 Factores que intervienen en la fenología reproductiva

Se han estudiado los factores bióticos y abióticos que influyen en el desarrollo de las diferentes fases fenológicas de las especies. Estos factores, en conjunto, pueden determinar el momento de inicio de una fenofase, su duración, frecuencia o la intensidad de la producción de estructuras reproductivas (Smith-Ramírez y Armesto, 1994; César-García, 2002; Rich *et al.*, 2008; Valdez-Hernández *et al.*, 2010).

1.5 Factores abióticos

Los factores abióticos son las condiciones ambientales, derivadas de las características propias del suelo (disponibilidad del agua, infiltración, etc.), del microclima (disponibilidad de luz, humedad, temperatura, etc.) o relacionadas con

el uso del espacio, que las especies vegetales tienen que enfrentar, así como su interrelación (Pérez *et al.*, 2013).

Entre las principales causas que determinan la fenología reproductiva de las plantas están: la precipitación, temperatura, radiación solar y el estado hídrico de las plantas (Guariguata y Kattan, 2002, Ochoa-Gaona *et al.*, 2008, Márquez *et al.*, 2013). Por otro lado, los eventos fenológicos también se relacionan con la cantidad de luz (Wright y Van Schaik, 1994) y el fotoperiodo (Heinrich, 1976).

En muchas plantas, los periodos máximos de floración se presentan en las temporadas de mayor irradiación solar (Van Schaik *et al.*, 1993; Günter *et al.*, 2008). Por ejemplo, los bosques templados, donde la luz es un recurso limitante, la apertura de claros en el dosel permite la entrada de luz y favorece la aparición de estructuras reproductoras en especies del sotobosque (Denslow, 1987; Valverde y Silvertow, 1997; Galloway y Burgess, 2012).

De acuerdo con Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985) en zonas tropicales, observaron que la precipitación es un factor que influye en la floración y fructificación; determinaron que puede ser una atribución directa afectando la humedad del suelo, maduración de los frutos y la dispersión de los frutos y semillas, o indirecta que afecta la actividad de los polinizadores. Así mismo, Cardoso *et al.*, 2012, observaron que la duración y la temperatura del día están fuertemente relacionadas con la caída de las hojas y la producción de flores en las especies arbóreas, mientras que, la precipitación influye en el estado hídrico del suelo, esto afecta el crecimiento y la reproducción de las plantas en estos tipos de vegetación. Por lo tanto, concluyeron que la disponibilidad de agua en el suelo es

uno de los factores ambientales más importantes que afectan el crecimiento y la distribución de los árboles.

Gómez y Fournier (1996) mencionan otros factores que pueden influir en la producción de estructuras reproductivas son el viento, gases, características físicas, químicas y geológicas del suelo, la topografía y también las interacciones biológicas. A su vez, Bonilla-Valencia *et al.*, 2017, describieron los patrones fenológicos reproductivos de 55 especies del sotobosque en un bosque templado de la Ciudad de México, mencionan que los patrones de floración y fructificación se influenciaron por diferentes variables ambientales como la precipitación, temperatura y humedad del suelo, concluyeron que las especies responden a factores propios de cada una, dependiendo de su forma de crecimiento o su origen biogeográfico.

Pérez *et al.*, 2013, registraron la inhibición en la formación de flores cuando descende la temperatura. Rathcke y Lacey, 1985 señalaron que, en plantas anemófilas, las flores se desarrollan en la temporada con baja precipitación, antes de que las hojas nuevas se presenten, y el polen sea transportado fácilmente por el viento. Por otro lado, Borchert, 1994 observó que las especies aumentan el número de flores cuando la precipitación aumenta. En los bosques tropicales y templados, a nivel comunidad, la mayoría de las especies florece durante la temporada de lluvias y muy pocas en la temporada de secas. Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez (2007) indicaron que la fenología reproductiva varía de acuerdo con la forma de crecimiento, en donde, las especies arbóreas y arbustivas, florecen y fructifican principalmente en la temporada de secas, mientras que las herbáceas presentan estructuras reproductivas en la temporada de lluvias.

En los bosques templados de México también, se ha registrado que los picos de floración se presentan durante la primavera, cuando hay una mayor cantidad de luz y la cobertura del estrato arbóreo aún no es tan alta, en tanto que la maduración de los frutos generalmente ocurre durante la temporada de lluvias (Wright y Van Schaik, 1994; Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2007; Bonilla-Valencia, 2016). Bonilla-Valencia (2014) observó que los valores de humedad ambiental y del suelo por arriba del 60% durante los meses de julio y agosto (temporada de lluvias) están correlacionados positiva y significativamente con una mayor fructificación.

1.6 Factores bióticos

Los factores bióticos son todas aquellas interacciones que las especies vegetales tienen con otras especies microbianas, vegetales o animales. Entre los factores bióticos que influyen en la fenología se encuentran los procesos ecológicos como la competencia, la herbivoría, la polinización y dispersión o los atributos propios de cada especie, como su variabilidad genética, los procesos bioquímicos de las plantas que responden a los cambios ambientales e influyen en las fenofases reflejando así una respuesta fisiológica (De Cara, 2006), entre ellas el aumento de la concentración de etileno que en condiciones de estrés ayuda a la maduración de los frutos (Jordán y Casaretto, 2006; Pérez *et al.*, 2013).

Guariguata y Kattan (2002) determinaron que en términos generales se ha reconocido una relación entre la producción de flores y los síndromes de polinización. Por ejemplo, se ha documentado que las especies polinizadas por viento se caracterizan por producir muchas flores pequeñas que producen grandes cantidades de polen, las cuales florecen generalmente en la temporada seca del

año; muchas especies arbóreas caducifolias pierden sus hojas, lo que facilita que el polen sea transportado a lugares lejanos (Frankie *et al.*, 1974; Ramírez y Nepomuceno, 1986; Bello, 1994; Barnes *et al.*, 1998).

En las especies que presentan otros síndromes de polinización no se ha detectado un patrón que describa la temporalidad de la floración, las especies polinizadas por insectos tienen flores con variables en sus formas, tamaños, colores, aromas, tipos de polen y néctar (Percival, 1965). Estas especies presentan períodos de floración en diferentes temporadas del año (Kevan, 1972; Heinrich, 1975; Lack, 1982; Bosch *et al.*, 1997; Abe y Kamo, 2003). Las especies polinizadas por aves tienen flores vistosas, rojizas o anaranjadas predominantemente, tubulares y con una considerable cantidad de néctar (Percival, 1965; Stiles, 1975; Gentry, 1990). También se ha documentado que su floración puede llevarse a cabo en cualquier temporada del año o inclusive durante todo el año (Toledo, 1975; Brown y Kodric-Brown, 1979; Murali y Sukumar, 1994).

Los patrones de floración de algunas especies vegetales están relacionados con las temporadas en que los polinizadores son más abundantes, por lo que se puede considerar que dichos patrones de floración de las plantas se encuentran determinados por la fenología de los polinizadores. Sin embargo, la temporalidad de la producción de flores y frutos en la mayoría de las especies, mantiene una relación con el síndrome de polinización y el tipo de dispersión (Cortés-Flores *et al.*, 2013). Por lo general, las especies arbóreas polinizadas o dispersadas por viento producen estructuras reproductivas en la temporada seca, mientras que las plantas polinizadas o dispersadas por animales, presentan flores y frutos durante

la temporada de lluvia (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Bello, 1994; Cortés-Flores *et al.*, 2011).

Los frutos han sido descritos principalmente a partir de las características morfológicas de sus diásporas y sus mecanismos de dispersión (Contreras y Varela, 2016). Los frutos carnosos dispersados por animales (zoócoros) se presentan generalmente durante la temporada de lluvias, esto último coincide con el arribo de numerosas aves locales y migratorias, además de que muchas poblaciones de animales terrestres manifiestan una mayor actividad durante esta temporada, lo que favorece la dispersión de las diásporas (Wikander, 1984; Van Schaik *et al.*, 1993; Solórzano *et al.*, 2000; Batalha y Martins, 2004). Además, las especies zoócoras requieren de cantidades suficientes de agua y energía para producir frutos grandes o suculentos, incluso permite que los frutos puedan desarrollarse y mantenerse por largos períodos en la planta hasta que son dispersados (Lieberman, 1982; Batalha y Mantovani, 2000; Batalha y Martins, 2004). En algunas especies los frutos carnosos caen al madurar y son consumidos por vertebrados terrestres, los cuales los dispersan a otros sitios (Griz y Machado, 2001).

Las especies con frutos secos contienen semillas muy pequeñas en su mayoría con alas, plumas o pelos, que facilitan su dispersión por medio del viento (Sánchez-Garfias *et al.*, 1991; Griz y Machado, 2001). Estas fructifican preferentemente durante la temporada seca, patrón que se ha relacionado con fuertes ráfagas de viento y ausencia de follaje en muchas especies de los estratos superior y medio de la vegetación permitiendo una mayor efectividad en la dispersión de las diásporas (Wikander, 1984; Morellato y Leitao, 1990; Ibarra-

Manríquez *et al.*, 1991; Batalha y Montovani, 2000; Spina *et al.*, 2001; Batalha y Martins, 2004).

La producción de flores y frutos y la formación y caída de las hojas, ocurre en la mayoría de las plantas durante la misma temporada del año. Por esta razón, las comunidades vegetales en zonas templadas son heterogéneas en diferentes temporadas del año (Carabias-Lillo y Guevara-Sada, 1985; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; León de la Luz *et al.*, 1996). Se ha sugerido que la dispersión de las semillas durante la temporada seca reduce la mortalidad de plántulas, ya que las semillas se localizan en el suelo cuando empieza la temporada de lluvias, incrementando las posibilidades de un establecimiento exitoso (Wikander, 1984; Van Schaik *et al.*, 1993).

Justificación

México tiene una superficie del 21% de bosques templados, 5.5% de ésta corresponde a encinares, además en nuestro país se han registrado 161 especies de las cuales 109 son endémicas (Arizaga *et al.*, 2009). La composición florística de los encinares presenta una mezcla tanto de elementos neárticos como tropicales y a pesar de su importancia biológica y ecológica, se han realizado muy pocos estudios sobre la fenología reproductiva en el nivel de comunidad (Luna *et al.*, 2003). Los estudios fenológicos son de suma importancia, debido a las posibles aplicaciones que conllevan entre ellas comprender la dinámica de los ecosistemas, así como a nivel de cultivos con el propósito de incrementar la producción de estos, diseñar estrategias para un manejo sostenible en los bosques.

El estudio de las fases del ciclo de vida de las plantas, como el desarrollo de brotes, floración, fructificación o la senescencia de las diferentes estructuras, permite entender los patrones de disponibilidad de algunas especies en el bosque de encino, su variación en el tiempo, también permiten determinar algunas de las variables ambientales como la precipitación, la temperatura y la luz que determinan las fases de las estructuras reproductivas (Hudson y Keatley, 2010).

El bosque templado de *Quercus rugosa-Q. laurina* de la cuenca del río Magdalena, es de suma importancia en términos de la biodiversidad que alberga, así como los recursos y servicios ambientales que brinda, sin embargo, enfrenta una fuerte presión antrópica (Cortés-Flores *et al.*, 2011), resultando indispensable realizar trabajos que permitan la planeación de estrategias para su conservación, como lo son los estudios fenológicos, ya que muestran la dinámica poblacional a

nivel de comunidad. Por lo tanto, resulta importante conocer los tiempos y períodos de floración y fructificación de todas las especies del sotobosque de esta comunidad, así como determinar los factores abióticos que influyen en el desarrollo de sus diferentes fenofases; este conocimiento ayudará a tomar decisiones apropiadas para el monitoreo y manejo de las especies con valor de importancia, así también, es la base para ser utilizado en otros estudios que permitan determinar algunas estrategias de manejo del bosque.

Objetivos

3.1 Objetivo general

- Describir los patrones fenológicos reproductivos de las especies de angiospermas del sotobosque en el bosque de *Quercus rugosa* – *Quercus laurina* en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México.

3.2 Objetivos particulares

- Determinar los patrones fenológicos a través de la disponibilidad de flores y frutos de las especies del sotobosque en dos unidades del área de estudio.
- Comparar los patrones fenológicos espacial y temporalmente entre las dos unidades ambientales y determinar la sincronía de los diferentes patrones establecidos.
- Determinar la relación de algunas variables ambientales con los patrones de floración y fructificación.

Hipótesis

El bosque de encino presenta una alta heterogeneidad ambiental y estructural por lo tanto las diferencias en los factores como la orientación de la ladera, la temperatura, la luz y la humedad del suelo son variables que pueden tener una influencia diferente en la producción de estructuras reproductivas, por lo tanto, se espera que:

- Las laderas norte y sur tendrán una influencia diferente en la producción de estructuras reproductivas.
- Los patrones de floración estarán relacionados con la temperatura y la luz que presenta cada sitio.
- La diferencia en la producción de frutos estará directamente relacionada con la humedad del suelo y la disponibilidad de los nutrientes.

Método

5.1 Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la cuenca del río Magdalena (CRM) ubicado dentro de la cuenca del Valle de México, entre los 19° 13' 53" y 19° 18' 12" N y 99° 14' 50" y 99° 20' 30" O. Forma parte de la Sierra de las Cruces, localizada en el Eje Volcánico Transversal (Álvarez-Román, 2000). Se ubica al límite sur-occidental de la Ciudad de México, dentro de las alcaldías Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos, también está incluida una porción en el municipio Ocoyoacac del Estado de México (Figura 1).

Tiene una extensión de 2 925 ha (Ávila-Akerberg, 2002), su relieve montañoso va de los 2 470 m en el noreste y 3 850 m al suroeste. En la cuenca hay dos tipos de clima el templado subhúmedo y un clima semifrío; la precipitación media anual de 950 a 1300 mm. Los tipos de vegetación presentes son bosque de *Pinus hartwegii* en las partes más altas, seguido *Abies religiosa* y en las partes más bajas existe bosque de *Quercus rugosa* y *Q. laurina* (Almeida-Leñero *et al.*, 2007).

5.2 Delimitación del área de estudio

Santibáñez-Andrade (2009) estudió la estructura del bosque y distinguió en la cuenca del río Magdalena 21 unidades ambientales, cuatro de estas corresponden a bosque de *Quercus rugosa*- *Q. laurina*, seis al bosque de *Pinus hartwegii* y 11 al bosque de *Abies religiosa* (Figura 1). Las unidades fueron determinadas con base en sus condiciones ambientales, la heterogeneidad topográfica y los cambios consecuentes en la vegetación. Para el presente estudio se seleccionaron las

unidades 1 y 2 del bosque de encino, que son las más contrastantes en grado de conservación (Santibáñez-Andrade *et al.*, 2015) (Apéndice 1, Cuadro 1).

5.3 Muestreo

Se realizaron de febrero del 2014 a marzo del 2015 recorridos mensuales de 3 horas por cada unidad, estos fueron aleatorios para cada unidad ambiental (UA). En estas unidades se muestrearon y georreferenciaron 25 puntos. (Figura 1).

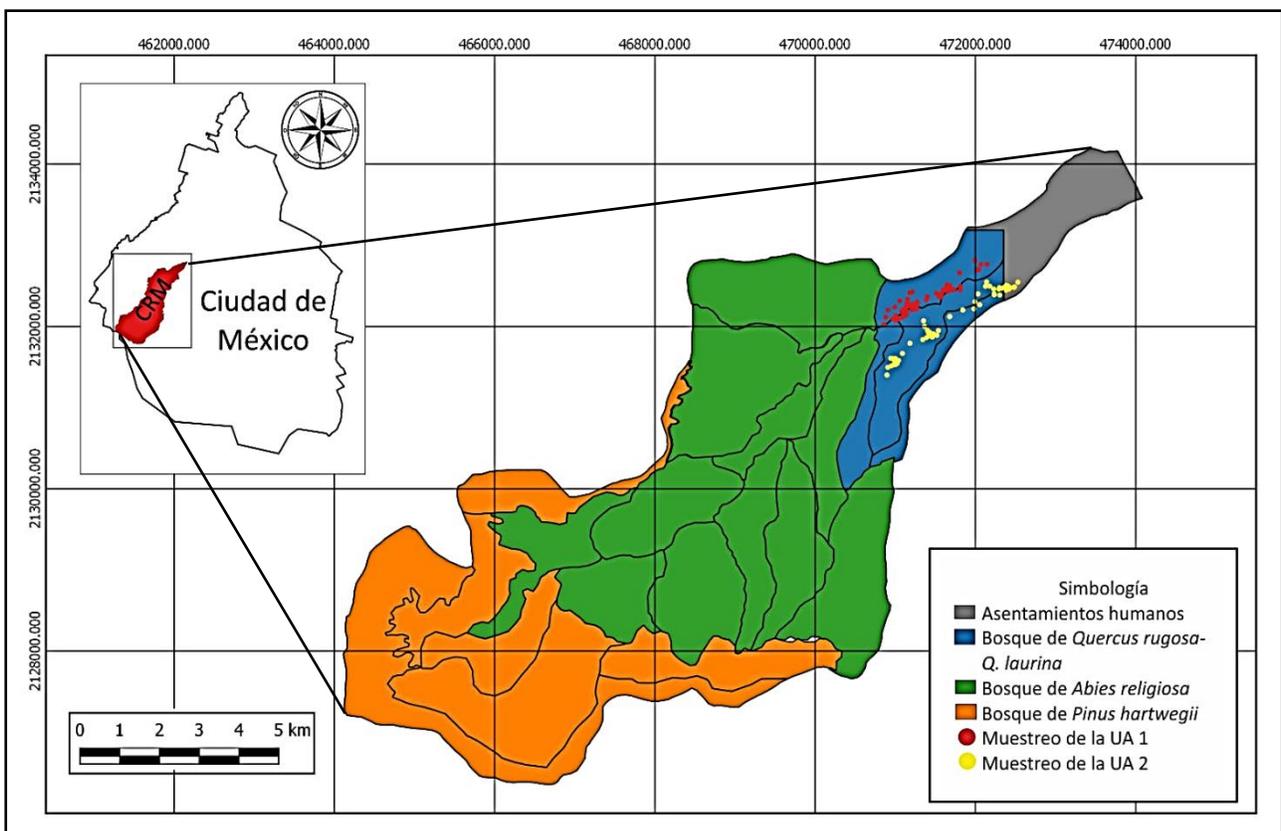


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Magdalena en la Ciudad de México y sus tipos de vegetación, ubicando las unidades ambientales con los puntos de muestreo de cada una.

5.4 Registro fenológico

Durante cada recorrido se identificaron las especies de angiospermas que presentaban estructuras reproductivas mediante observaciones directas en donde se estableció que la floración fue considerada como la presencia de flores abiertas, mientras que la fructificación fue establecida hasta que los frutos estaban completamente desarrollados.

La fenología reproductiva se registró utilizando la escala porcentual propuesta por Fournier y Charpentier (1975) y utilizada por Bonilla-Valencia (2014). Se realizó un análisis sobre la proporción de flores y frutos y la escala se aplicó con relación a la cobertura de cada individuo, donde 1 indica que el 10% de las ramas del individuo presentan estructuras reproductivas y 5 significa que el 100% de las ramas del individuo muestran estructuras reproductivas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala fenológica (tomada de Bonilla-Valencia, 2014).

Rango	Cantidad de estructuras
0	Ausencia de la característica.
1	Presencia de la característica, con un intervalo desde 1-10%.
2	Presencia de la característica, con un intervalo desde 11-25%.
3	Presencia de la característica, con un intervalo desde 26-50%.
4	Presencia de la característica, con un intervalo desde 51-75%.
5	Presencia de la característica, con un intervalo desde 76-100%.

Las plantas que no fueron identificadas en el campo fueron colectadas y herborizadas para su posterior determinación taxonómica a través de claves como la Flora fanerogámica del Valle de México (Rzedowski, 2005) y mediante comparación con el herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM. Una vez identificadas fueron montadas y depositadas en el micro-herbario del laboratorio “Dinámica de Comunidades” en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Con la información obtenida se generó una base de datos, en la cual se clasificaron las especies de acuerdo con su taxonomía (familia, género, y especie), forma de crecimiento y con base en los datos de malezas de México se determinó su estatus biogeográfico (CONABIO, 2012); además, se organizaron las especies de acuerdo con su patrón fenológico de floración y fructificación de cada una de las especies, así como su presencia en cada unidad ambiental.

5.5 Variable dasonómica

Para obtener la variable dasonómica utilizada en este estudio (cobertura), se registraron los diámetros perpendiculares de cada individuo, indistintamente de la forma de crecimiento que presentará, ya fuera herbácea o arbustiva, así también, se registró la altura de cada individuo y se calculó a través de la siguiente fórmula (Matteucci y Colma, 1982).

$$C = \left(\frac{D1 + D2}{4} \right)^2 \pi$$

Fórmula 1. Fórmula de la cobertura, donde C = Cobertura, D1 = Diámetro 1, D2 = Diámetro 2.

5.6 Factores abióticos

5.6.1 Condiciones ambientales

Con la finalidad de conocer los factores abióticos relacionados con la fenología reproductiva en el bosque de encino, se utilizaron los promedios de precipitación y temperatura mensual procedentes de la base de datos de la estación meteorológica Desviación Alta al Pedregal del Servicio Meteorológico Nacional, de febrero del 2014 a marzo del 2015. (INEGI, 2014 y 2015).

Para conocer la temperatura y humedad del sitio de muestreo se colocaron dos medidores de temperatura y humedad HOBO Data Logger (easy Log USB-ONSET, Massachusetts, USA) en sitios conocidos en cada unidad ambiental, el registro de estos parámetros se efectúa automáticamente cada dos horas y se obtuvieron promedios mensuales durante todo el año.

5.6.2 Características del suelo

5.6.2.1 Propiedades físicas

La humedad del suelo se determinó tomando tres muestras de suelo del área de estudio cada mes, éstas fueron pesadas y se registró el peso húmedo, posteriormente secadas en un horno a 100°C, durante 48 horas para registrar el peso seco. El contenido de humedad del suelo, se calculó mediante el método gravimétrico que consiste en expresar el porcentaje de humedad del suelo, en relación con el peso del suelo húmedo y el peso del suelo seco, y se determinó con la siguiente fórmula (Reynolds, 1970).

$$H = \left(\frac{Pehu - Pese}{Pese} \right) * 100$$

Fórmula 2. Fórmula de humedad del suelo, donde H= porcentaje de humedad del suelo, Pehu=peso húmedo y Pese= peso seco.

5.6.2.2 Propiedades químicas

Para determinar las características químicas del suelo se recolectaron muestras compuestas de aproximadamente 250 g de suelo en temporada de secas y lluvias para ambas unidades las cuales fueron analizadas en el laboratorio de fertilidad de suelos, en el Colegio de Posgraduados campus Montecillos (COLPOS). Las variables que se analizaron fueron: pH en agua, mediante la relación 1:2 (Bates, 1973), conductividad eléctrica en agua, de acuerdo a la relación 1:5 y un puente de conductividad (Jackson, 1982), porcentaje de materia orgánica por medio de una digestión húmeda (Walkley y Black, 1934), concentración de fósforo inorgánico disponible según Olsen, con una extracción de NaHCO_3 al 0.5 M, con un pH 8.5 y determinación colorimétrica (Olsen *et al.*, 1954), porcentaje de nitrógeno mediante una digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico y una destilación semi-micro Kjeldahl por arrastre de vapor y titulación con ácido sulfúrico 0.05 N (Bremner, 1965) y concentración de potasio con la extracción de NH_4OAc , 1N, pH 7 y por fotometría de llama (Knudsen *et al.*, 1982).

5.7 Análisis de datos

5.7.1 Fenología reproductiva

El patrón de la fenología reproductiva en el bosque de encino se promedió utilizando la cantidad de flores y frutos, tanto jóvenes y maduros producidos cada mes para todas las especies y el porcentaje de individuos que presentan estructuras reproductivas cada mes.

Para describir los patrones de floración y fructificación de las dos unidades ambientales se realizó un Análisis de agrupación a través del método de clasificación de dos vías (TWINSPAN) (McCune y Mefford, 2006). Este análisis agrupa a la proporción de estructuras reproductivas de cada especie y los meses de muestreo simultáneamente, formando conjuntos de datos, los cuales resumen la variación de la temporalidad de producción de flores y frutos por unidad ambiental, así se genera un diagrama de clasificación que muestra los diferentes grupos establecidos en cada unidad para ambas estructuras reproductivas (Hill, 1979; Gauch y Whittaker, 1981).

Así mismo, a partir de los grupos obtenidos y considerando la temporalidad, precipitación y temperatura se establecieron los patrones fenológicos reproductivos de las especies en cada unidad ambiental, mediante la elaboración de un Análisis de Correspondencia sin Tendencia (DCA) utilizando el programa PC-ORD ver. 5.1 (McCune y Mefford, 2006).

5.7.2 Índice de sincronización

Con el fin de conocer la superposición del tiempo de floración y fructificación, entre los individuos, entre los grupos definidos por la clasificación se calculó el índice de sincronización de Augspurger (1983). La cual se define como el traslape de días

de un evento fenológico de una especie dentro del grupo en relación con la de todas las especies del grupo. Cuando el índice de sincronización $X = 1$, significa que hay completa sincronía, cuando $X = 0$, significa que no hay sincronía y se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$X_i = \left(\frac{1}{n-1}\right) \left(\frac{1}{f_i}\right) \sum_{j=1}^n e_{j \neq i}$$

Fórmula 3. Fórmula del índice de sincronización por especie, donde X_i = índice de sincronización de la especie i ; n = número de especies en el grupo; f_i = número de días en el que la especie i tiene un evento fenológico; e_j = número de días en el que ambas especies i y j tienen un evento fenológico común.

Con el índice de sincronización de la especie, se calculó el índice de sincronización del grupo, el cual es la medida de la superposición de todos los días de floración o fructificación de todas las especies, donde $Z = 1$ significa que hay perfecta sincronía, y cuando $Z = 0$ significa que no hay sincronía. El índice de sincronización poblacional se calcula mediante la siguiente fórmula (Augsburger, 1983).

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_i$$

Fórmula 4: Fórmula del índice de sincronización poblacional, donde Z = índice de sincronización poblacional; n = número de individuos en la población; X_i = índice de sincronía por especie.

5.7.3 Análisis de correspondencia canónica (CCA)

Para obtener la relación entre los patrones encontrados entre las especies y entre las unidades con las variables ambientales se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) a través del programa PC-ORD ver. 5.1 (McCune y Mefford 2006).

Resultados

6.1 Fenología reproductiva de las especies del bosque de encino de las unidades ambientales 1 y 2 de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México

Con los datos de precipitación y temperatura se generó el climograma en donde, la temporada de secas se estableció de noviembre a mayo y las lluvias de junio a octubre (Figura 2).

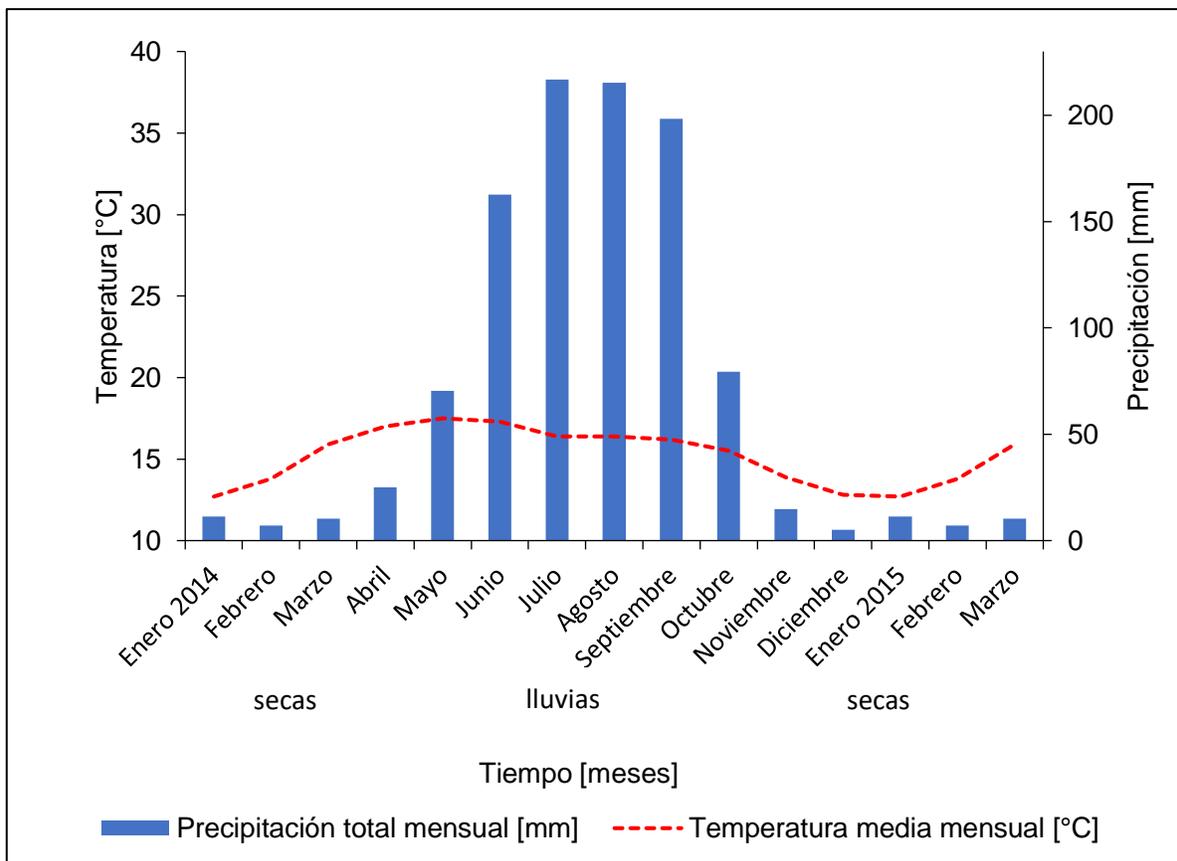


Figura 2. Climograma obtenido a partir de los datos de la estación meteorológica Desviación Alta al Pedregal ($19^{\circ}17' 49''$ N- $99^{\circ} 10' 56''$ O, a una altitud de 2296 m s.n.m), en el periodo de 1962-2010; cuya estación se encuentra en la alcaldía Magdalena Contreras (INEGI, 2014, 2015).

Durante los 14 meses de muestreo entre las dos unidades ambientales se registró para la UA1 un total de 99 especies con presencia de flores y 55 con presencia de frutos, mientras que para la UA2 105 especies con presencia de flores y 65 con presencia de frutos, los patrones fenológicos establecidos fueron cuatro para las flores maduras y dos para los frutos maduros en cada unidad ambiental.

Se determinaron 50 familias, 109 géneros y 160 especies. La familia Asteraceae mostró la mayor riqueza taxonómica, con 59 especies (36.8%), seguida por Lamiaceae (12 especies 7.5%) y Solanaceae, (6 especies 3.7%). *Salvia* fue el género con el mayor número de especies con ocho, seguido de *Baccharis* y *Bidens*, con cinco cada uno.

6.2 Floración

6.2.1 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 1 (UA1)

La disponibilidad de flores maduras para las 99 especies registradas en la unidad ambiental 1 (UA1) mediante las proporciones de flores maduras la clasificación se conformó por ocho grupos (Figura 3) mostrando los siguientes patrones de floración:

1) Patrón todo el año representa a todas las especies que tuvieron estas estructuras en casi todo el año el cual está representado por 32 especies, está conformado por el grupo 1 y el grupo 6 de la clasificación (Figura 3). Estos presentan la mayor disponibilidad de flores en el mes de febrero, además el grupo presenta una sincronía interna de 0.22 y el grupo 6 de 0.37. En la ordenación (DCA) (Figura 4) se registra que las especies que conforman este grupo presentan flores todo el año y presentan una sincronía de 0.37 entre los grupos que la

conforman. Las formas de crecimiento para las especies de este patrón fueron 22 herbáceas, nueve arbustos y un bejuco (Apéndice 2, Figura 14).

2) Patrón lluvias y secas representa a todas las especies que presentaban estas estructuras en algún mes en secas y/o en lluvias. Representado por 36 especies, está conformado por los grupos 2, 3 y 5 de la clasificación. Dentro de cada grupo la sincronía es casi del 50% en algunos grupos (Figura 3). En el (DCA) (Figura 4) se observa que las especies que conforman este patrón poseen un índice de sincronía de 0.22, considerado bajo, y está dado por el conjunto de especies que están en ambas temporadas, con un período muy corto de uno o dos meses. Las formas de crecimiento para las especies de este patrón estuvieron conformadas por 31 herbáceas, cuatro arbustos y un bejuco (Apéndice 2, Figura 14).

3) Patrón lluvias representa a aquellas especies que tuvieron estructuras en algún mes de la temporada de lluvias el cual está representado por 15 especies, conformado por el grupo 4 de la clasificación (Figura 3) el cual presenta un índice de sincronía de 0.39 donde la mayoría de sus especies presentan flores maduras en agosto y septiembre (Figura 4). Las formas de crecimiento para las especies de este patrón estuvieron conformadas por 12 herbáceas y tres arbustos (Apéndice 2, Figura 14).

4) Patrón secas representa a aquellas especies que tuvieron estructuras en algún mes de la temporada de secas, está representado por 16 especies y conformado por los grupos 7 y 8 de la clasificación (Figura 3) donde el grupo 7 tiene una sincronía de 0.88 y el grupo 8 una sincronía de 0.79. En el DCA ambos grupos quedan separados ya que su floración es efímera en esta temporada, pero las especies que conforma cada uno de los grupos es diferente, por lo que entre ellos

presentan una sincronía de 0.46 (Figura 4). Las formas de crecimiento para las especies de este patrón estuvieron conformadas por 11 herbáceas, tres arbustos y dos árboles (Apéndice 2, Figura 14).

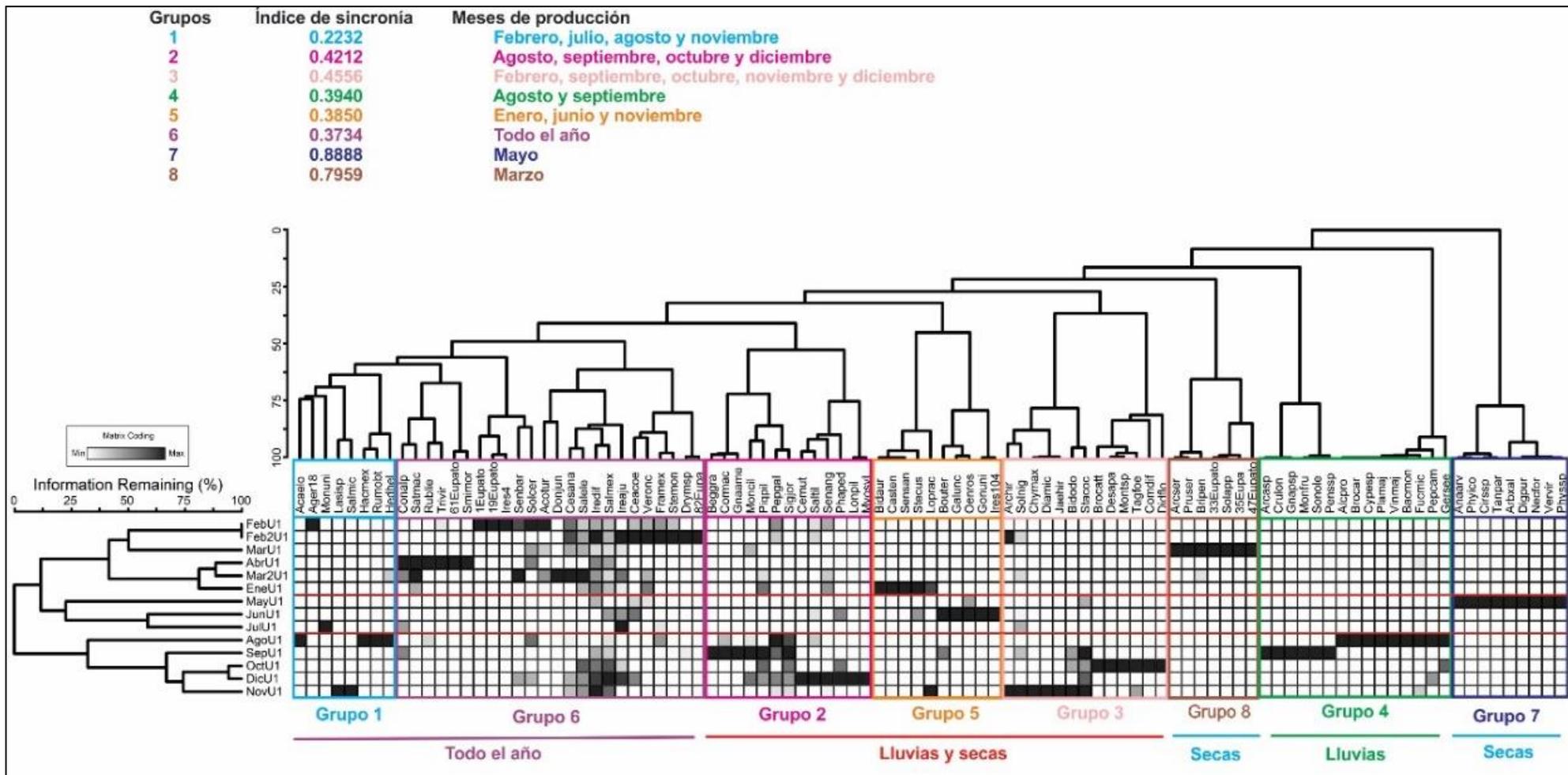


Figura 3. Dendrograma de la proporción de las flores maduras encontradas con relación a los meses de producción estableciendo una clasificación que agrupa a las especies y los meses de mayor producción de flores para establecer los diferentes patrones de acuerdo con la temporada en la UA1.

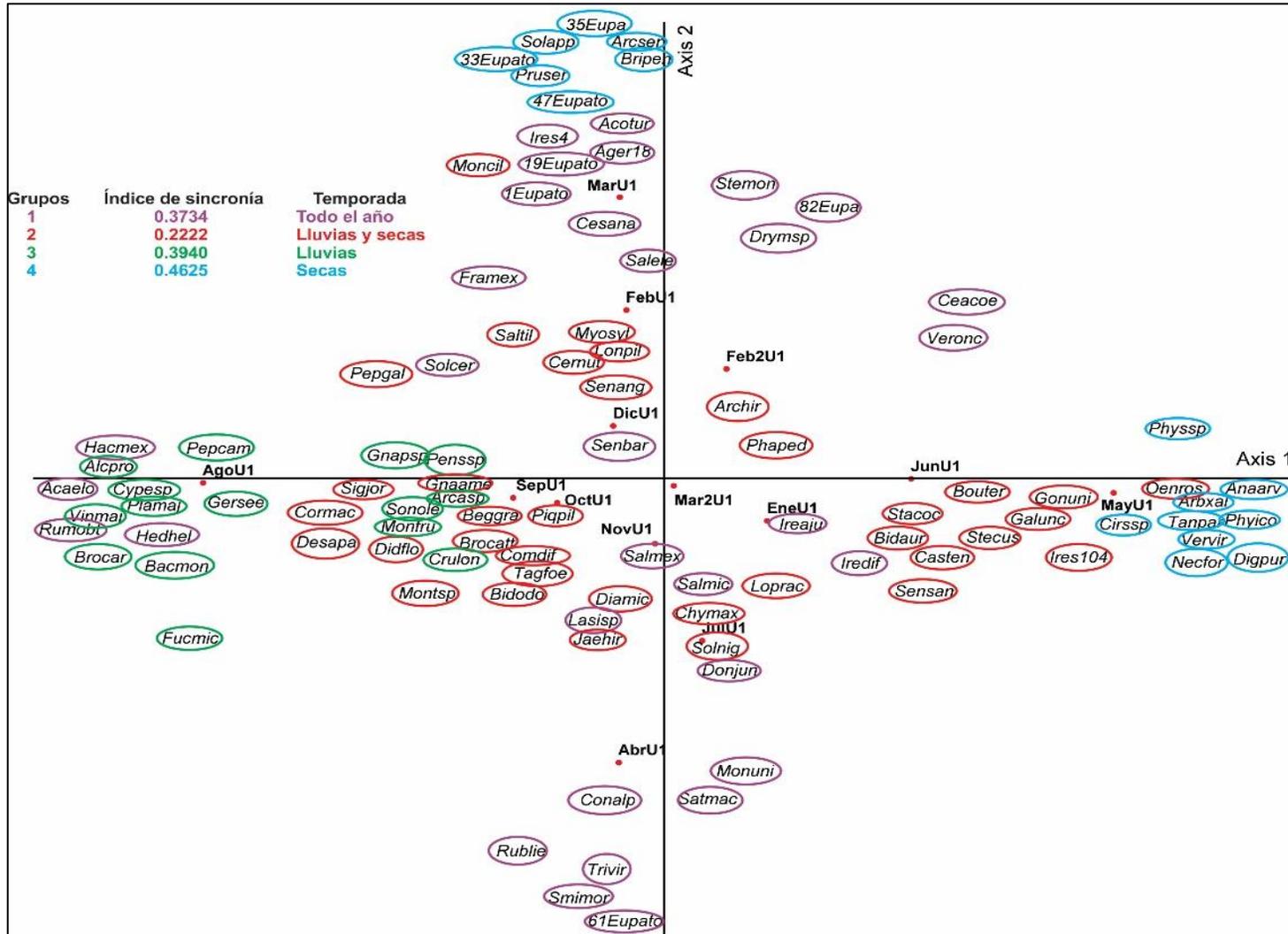


Figura 4. Ordenación (DCA) de la proporción de flores maduras para los diferentes patrones establecidos en la clasificación con relación a los meses del año y se presenta su índice de sincronía entre los patrones para la UA1.

6.2.2 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 2 (UA2)

La disponibilidad de flores maduras de las 105 especies registradas en esta unidad ambiental 2 (UA2) la proporción de flores maduras se conformó en siete grupos y mostrando los siguientes patrones de floración (Figura 5):

1) Patrón todo el año representado por el grupo 1 de la clasificación con 22 especies con un índice de sincronía del grupo de 0.43 (Figura 5). En la ordenación se observa que la mayor disponibilidad de flores de ese grupo se presentó en enero, febrero y diciembre a pesar de que tienen flores todo el año (Figura 6). Las formas de crecimiento observadas para las especies de este patrón fueron 11 herbáceas y 11 arbustos (Apéndice 2, Figura 15).

2) Patrón lluvias y secas representado por 19 especies del grupo 2 de la clasificación con un índice de sincronía de 0.29 (Figura 5). En la ordenación se observó que las especies que conforman este patrón están distribuidas en los meses de abril, septiembre y noviembre principalmente (Figura 6). Para este patrón las especies estuvieron conformadas por 12 herbáceas, seis arbustos y un árbol (Apéndice 2, Figura 15).

3) Patrón lluvias representado por 35 especies, constituido por los grupos 3, 5 y 6 de la clasificación (Figura 5) en cada uno de estos grupos la sincronía es superior al 80% donde el grupo 3 presenta una sincronía de 0.78 dado que la mayoría de las especies de este grupo presentaron flores maduras en junio, para el grupo 5 la sincronía fue igual a 1, todas las especies que lo conforman presentaron flores maduras en agosto y el grupo 6 con un índice de sincronía de 0.95 sus especies florecen principalmente en octubre. En la ordenación (Figura 6) se observa que las especies incluidas en este patrón están asociadas a la temporada de lluvias donde

la sincronía entre estos grupos fue de 0.28 considerado un índice bajo, sin embargo, esto se puede deber a que los grupos de especies de cada grupo presentan una sincronía muy efímera en esta temporada. Las formas de crecimiento para las especies de este patrón estuvieron representadas por 31 herbáceas y cuatro arbustos (Apéndice 2, Figura 15).

4) Patrón secas representado por 29 especies y conformado por los grupos 4 y 7 de la clasificación (Figura 5) para el grupo 4 la sincronía fue de 0.83 donde todas sus especies que lo conforman presentaron flores maduras en mayo y el grupo 7 con un índice de sincronía de 0.33 presentaron flores en febrero y marzo. La sincronía entre ambos grupos fue 0.25 (Figura 6). En este patrón se observaron 18 herbáceas, siete arbustos y cuatro árboles (Apéndice 2, Figura 15).

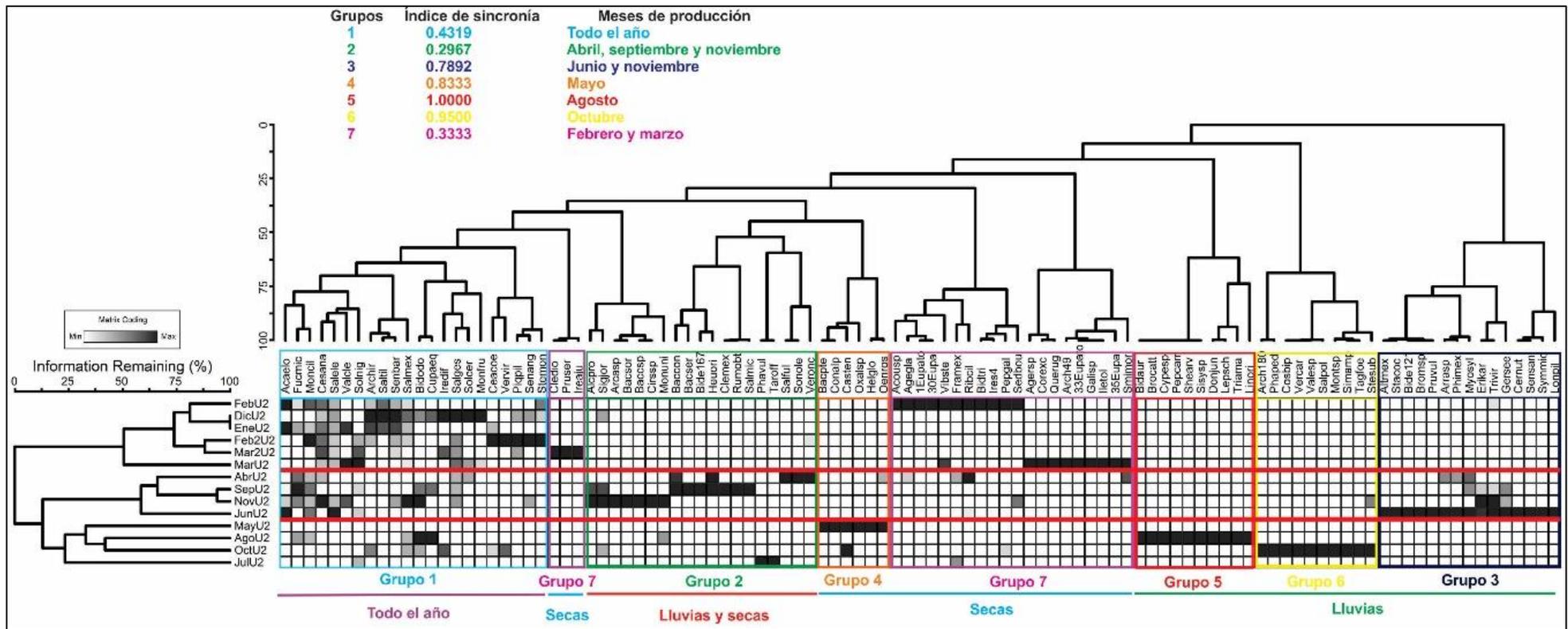


Figura 5. Dendrograma de la proporción de las flores maduras encontradas con relación a los meses de producción estableciendo una clasificación que agrupa a las especies y los meses de mayor producción de flores para establecer los diferentes patrones de acuerdo a la temporada en la UA2.

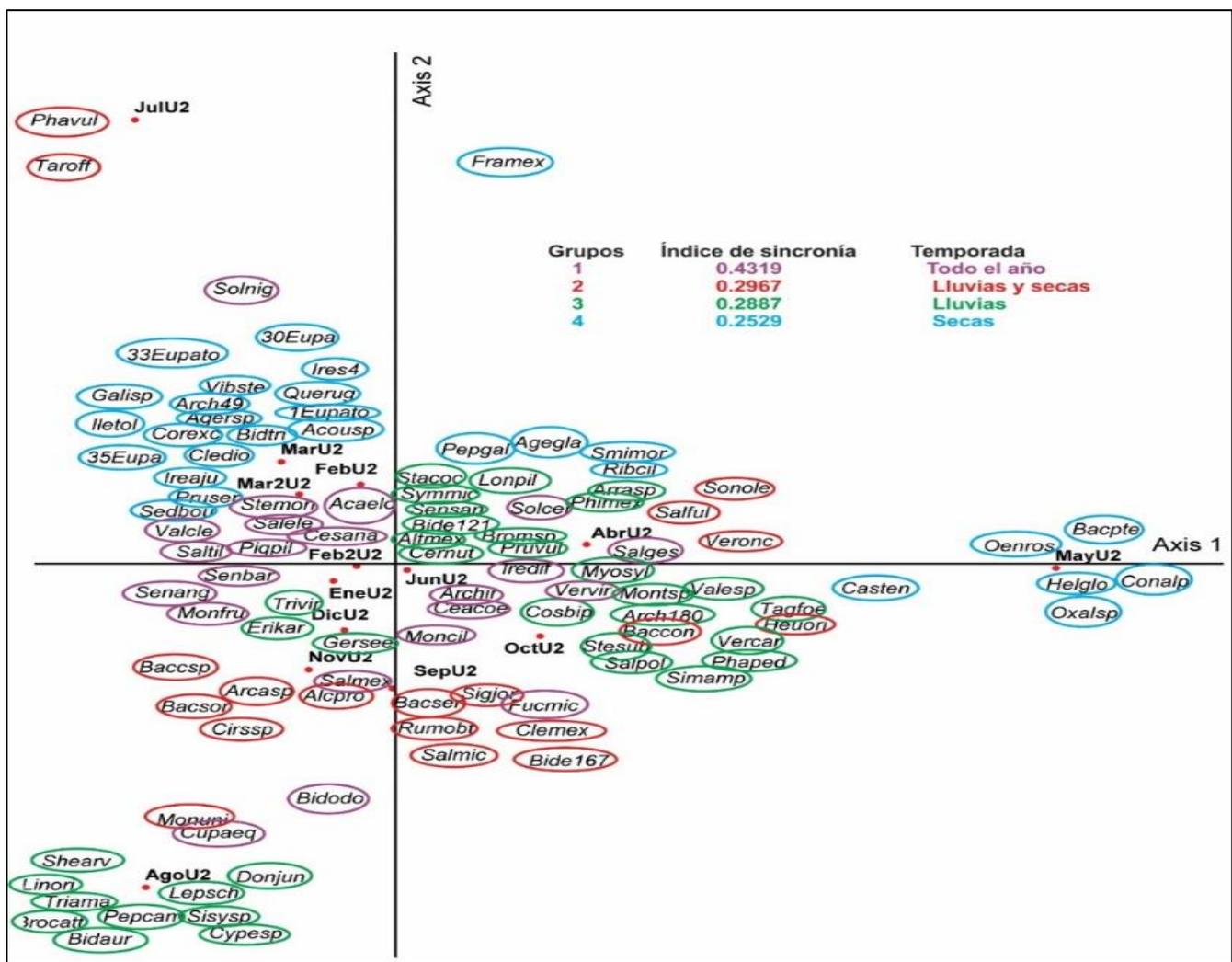


Figura 6. Ordenación (DCA) de la proporción de flores maduras para los diferentes patrones establecidos en la clasificación con relación a los meses del año y se presenta su índice de sincronía entre los patrones para la UA2.

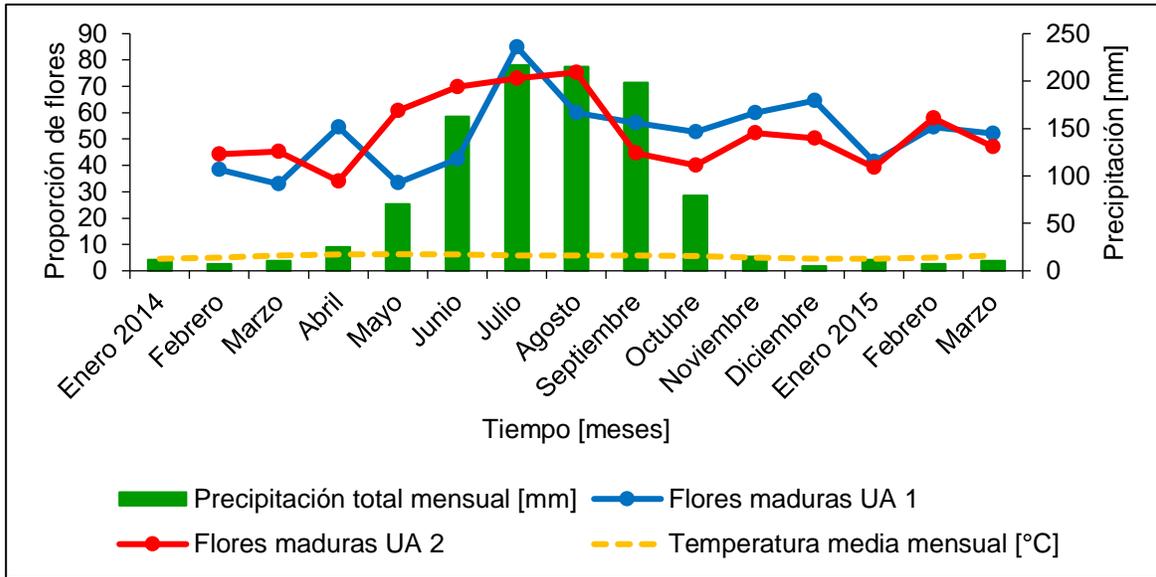
6.2.3 Comparación de la floración de ambas unidades ambientales

En ambas unidades la disponibilidad de flores para ambas estuvo presente todo el año, esto debido a que solo se tomaban en cuenta aquellos individuos con estructuras reproductivas durante los recorridos.

En ambas unidades se observó que en la temporada de lluvias se presenta la mayor proporción de flores maduras representada por todos los individuos que si presentaban esta estructura. Para la UA1 en julio se presentó el 85% de flores maduras y para la UA2 el mes de agosto el 75% fue el de mayor producción de esta estructura. Por otro lado, en la UA1 el mes de menor proporción de flores fue en marzo y para la UA2 fue en marzo y abril con un porcentaje inferior al 35% para ambas unidades y corresponde a la temporada de secas (Figura 7). En la Figura 7b se muestra el patrón de flores maduras para ambas unidades determinado por la proporción de individuos del total de la población de cada especie que presento diferentes estructuras reproductivas.

Se observó que todo el año hay presencia de flores pero que el número de especies que aportan a la disponibilidad de flores maduras a lo largo del año es variable, donde diciembre presenta el mayor número de especies que aportan a esta disponibilidad en la UA1 y en junio para la UA2. Cabe resaltar que los intervalos del número de especies que presentaron flores maduras en secas para la UA1 fueron de 11 a 20 y para la UA2 fue de seis a 23, para el caso de las lluvias el intervalo de especies que presentaron flores maduras para ambas unidades fue de 5 a 21 (Figura 7).

a)



b)

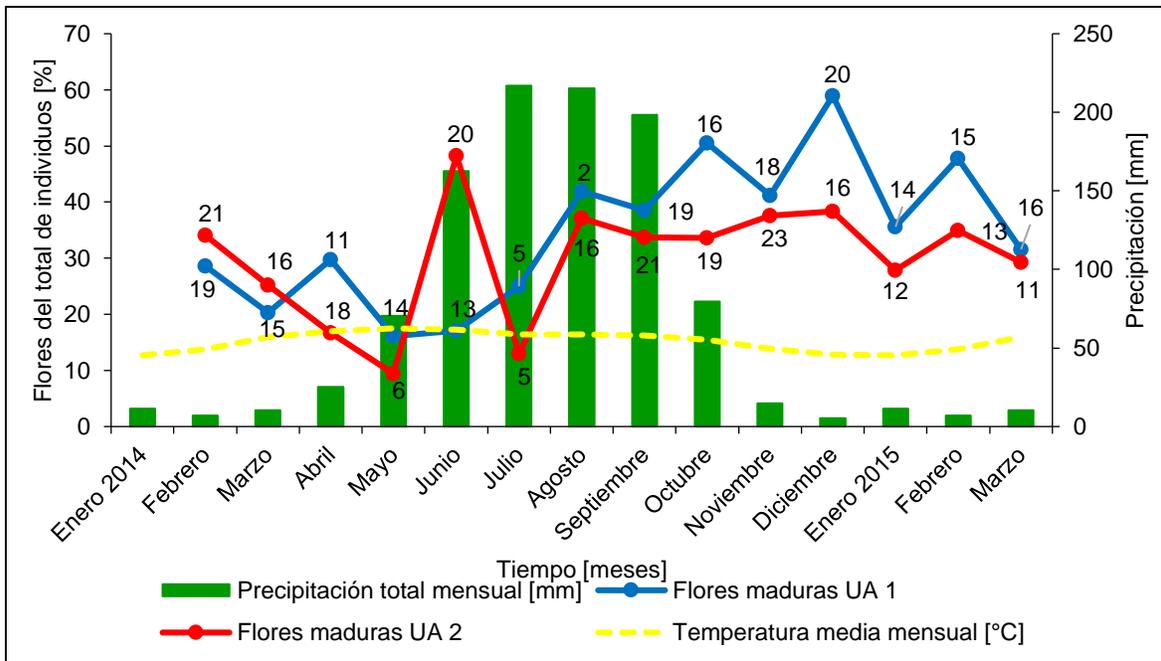


Figura 7. a) Proporción de flores maduras de todos los individuos que solo presentaron flores maduras en cada mes. b) Proporción de flores maduras del total de individuos que presentaron estructuras reproductivas, el número dentro de la gráfica representa el número de especies que contribuyen a la disponibilidad de flores maduras en ese mes.

6.3 Fructificación

6.3.1 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 1

La disponibilidad de frutos maduros se presentó en 55 especies registradas en la unidad ambiental 1 (UA1) las proporciones de frutos maduros se conformaron por cuatro grupos mostrando los siguientes patrones de fructificación (Figura 8):

1) Patrón llluvias representa a todas las especies que tuvieron estas estructuras en algún mes de la temporada de llluvias el cual está formado por 16 especies, que incluye los grupos 1 y 2 de la clasificación (Figura 8) en donde el grupo 1 presenta un índice de sincronía de 0.36 y la mayor disponibilidad de frutos para esta unidad fue en el mes de agosto, el grupo 2 con un índice de sincronía de 0.22 fructifican la mayoría de sus especies en octubre; considerado un índice bajo para ambos grupos esto se debió principalmente al conjunto de especies que se encuentran fructificando en diferentes meses de la temporada de llluvias. La sincronía que presentan entre ellos es de 0.16, lo cual denota una asincronía entre ellos no obstante que ambos presentaron sus mayores porcentajes de frutos maduros en esta temporada. Sin embargo, en la ordenación (Figura 9) se observa que las especies que conforman este patrón si están distribuidas solo en temporada de llluvias. Las formas de crecimiento para las especies de este patrón estuvieron representadas por 11 herbáceas, cuatro arbustos y un árbol (Apéndice 2, Figura 16).

Dentro de los síndromes de dispersión, unidad de dispersión y tipos de frutos de las especies en este patrón fueron siete tipos diferentes de síndromes de dispersión, el tipo predominante fue la sarcocoria con 6 especies, seguido de la

acantocoria con 3 especies y barocoria con 2, para la esporocoria, pterocoria, esclerocoria e ixocoria se presentaron en una sola especie cada uno.

En cuanto a la unidad de dispersión el fruto fue la estructura mejor representada en este grupo con 13 especies y la semilla solo con dos especies. Con respecto al tipo de fruto la cápsula la presentan cuatro especies, el aquenio y la baya 3 especies cada uno, el esquizocarpo lo presentan dos especies, la cariopsis, drupa y el hesperidio una sola especie (Apéndice 3, Figura 18).

2) Patrón secas representa a las especies que tuvieron estructuras en algún mes de la temporada de secas el cual lo conforman 39 especies, por los grupos 3 y 4 donde el grupo 3 presenta una sincronía interna de 0.33 y las especies de este grupo presentaron frutos maduros de enero a mayo. Las especies del grupo 4 con un índice de sincronía interna de 0.93 presentaron su fructificación en el mes de mayo (Figura 8). En la ordenación (Figura 9) se observa que las especies de este grupo presentan frutos en los meses correspondientes a la temporada de secas y con una sincronía entre las especies de 0.30. Las formas de crecimiento para las especies de este patrón fueron 24 herbáceas, 12 arbustos y 3 árboles (Apéndice 2, Figura 16).

De acuerdo con los síndromes de dispersión, unidad de dispersión y tipos de frutos de las especies de este patrón encontramos 9 tipos diferentes de síndromes de dispersión predominando la pogonocoria con 10 especies, seguida de la esclerocoria con 8, la sarcocoria con 6 especies, la barocoria y la pterocoria con 2 especies respectivamente, mientras que la acantocoria, esporocoria, sacocoria y la ascocoria fueron registradas en una sola especie cada uno.

El fruto como unidad de dispersión se presentó en 27 especies y la semilla en 4 especies. El tipo de fruto más registrado fue el aquenio con 13 especies, el esquizocarpo y la baya con 5, la cápsula con 2 especies, la bellota, la drupa, la sámara, el utrículo, la vaina dehiscente y la cariopsis con solo una especie cada uno (Apéndice 3, Figura 19).

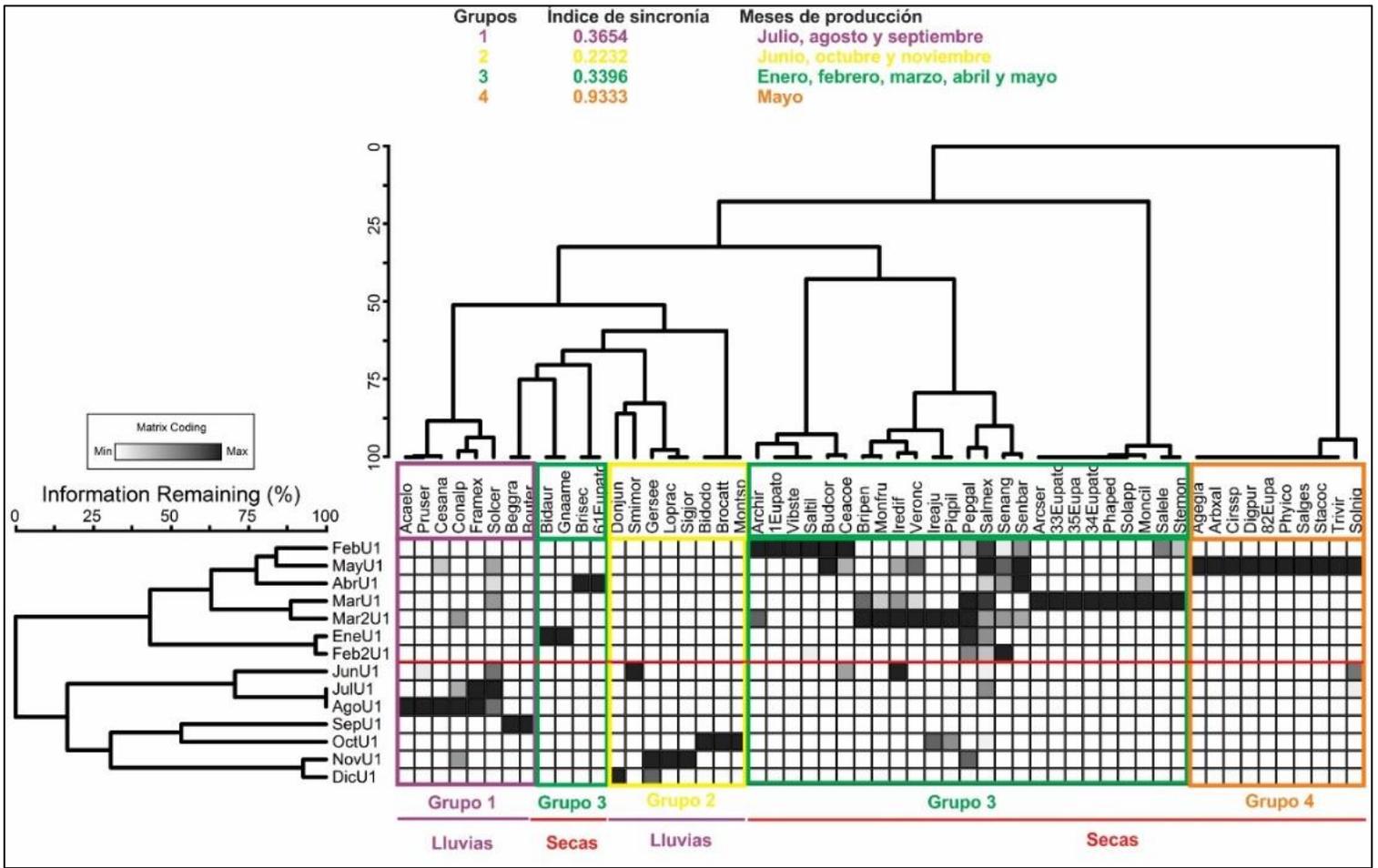


Figura 8. Dendrograma de la proporción de frutos maduros encontrados con relación a los meses de producción, clasificación que agrupa a las especies y los meses de mayor producción de frutos en la UA1.

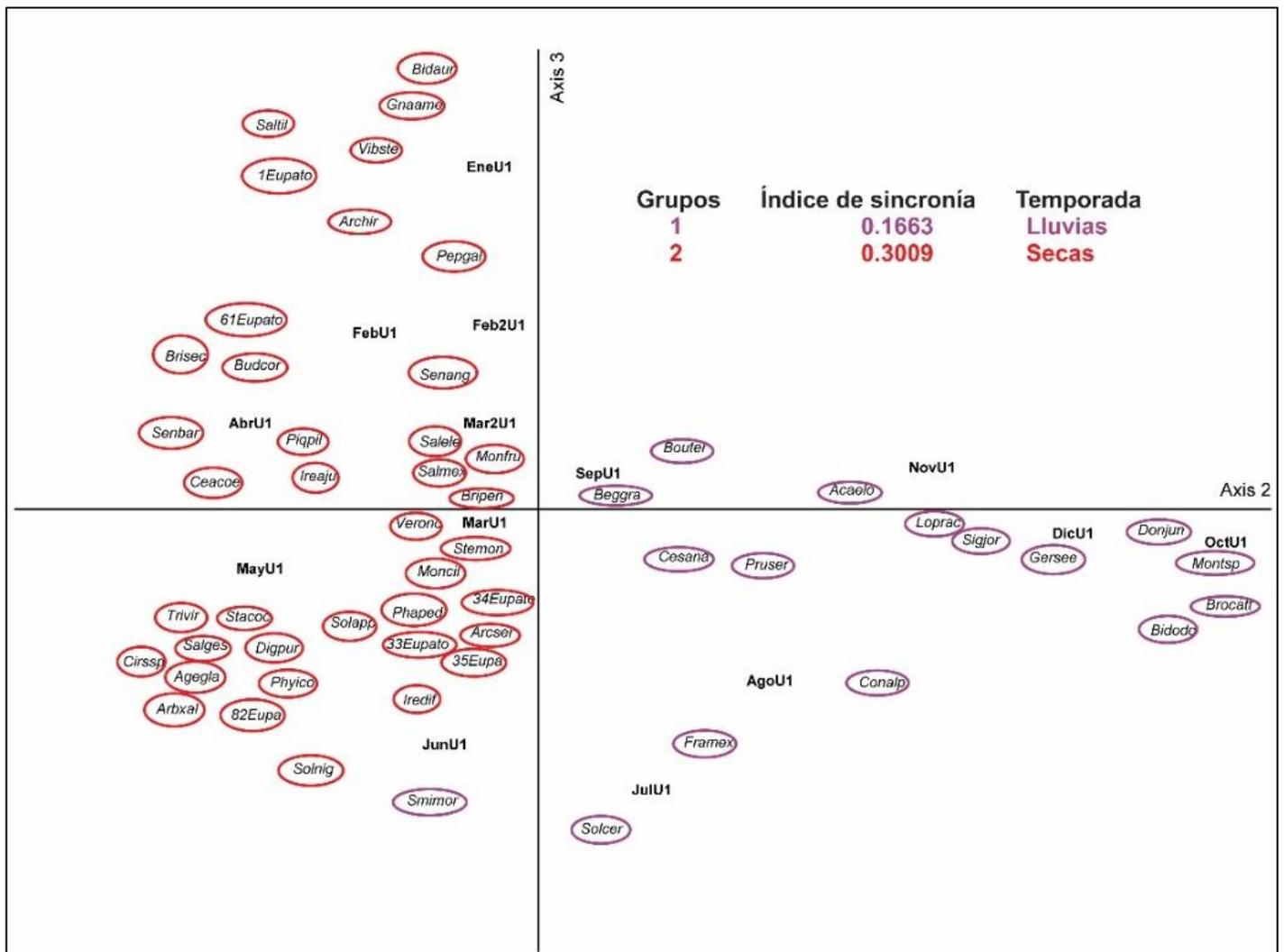


Figura 9. Ordenación (DCA) de la proporción de frutos maduros para los diferentes patrones establecidos en la clasificación con relación a los meses del año e índice de sincronía entre los patrones para la UA1.

6.3.2 Patrones fenológicos de la unidad ambiental 2

En esta unidad se presentó una disponibilidad de frutos maduros en 65 especies registradas donde se obtuvieron ocho grupos con los siguientes patrones de fructificación (Figura 10):

1) Patrón lluvias representado por 17 especies y constituido por tres grupos de la clasificación (Figura 10) este grupo presenta un índice de sincronía de 0.28. En la ordenación (Figura 11) se observa que las especies de este patrón tienen frutos maduros los meses de junio, septiembre, octubre y noviembre. Las formas de crecimiento para las especies de este patrón fueron 12 herbáceas y 5 arbustos (Apéndice 2, Figura 17).

Los síndromes de dispersión, unidad de dispersión y tipos de frutos de las especies observados en este patrón fueron la sarcocoria con 5 especies, la esclerocoria y la pogonocoria con 2 especies cada uno y la acantocoria, ascocoria, barocoria, esporocoria y sacocoria con 1 especie cada una.

La unidad de dispersión fruto lo presentaron 12 especies y la semilla se presentó en dos especies; por último, para esta unidad las especies presentaron los siguientes tipos de fruto: aquenios (5 especies), bayas (3 especies), esquizocarpo (2 especies) y cápsula, drupa, hesperidio y sámara con una sola especie cada uno (Apéndice 3, Figura 20).

2) Patrón secas conformado por 48 especies, que incluye los grupos 2, 3 y 4 de la clasificación (Figura 10). El grupo 2 presentó un índice de sincronía de 0.30 y sus especies fructificaron en el mes de marzo. Para el grupo 3 se obtuvo un índice de sincronía de 1, todas sus especies fructificaron en el mes de abril. Por último, el

grupo 4 presento un índice de sincronía de 0.80 y todas sus especies fructificaron en el mes de mayo (Figura 10).

En la ordenación (DCA) (Figura 11) se observa que las especies que conforman este grupo presentan flores maduras en algún mes de la temporada de secas y presentan un índice de sincronía entre ellos de 0.25. Las formas de crecimiento para las especies de este patrón contienen 26 herbáceas, 14 arbustos y ocho árboles (Apéndice 2, Figura 17).

Los síndromes de dispersión, que presentan las especies de este patrón son la pogonocoria con 12 especies; la esclerocoria con 9 especies, la sarcocoria con 6 especies, la pterocoria con 4 especies, la barocoria y la acantocoria con 2 especies cada uno y la ixocoria y la esporocoria con una sola especie cada uno.

La unidad de dispersión fruto la presentan 31 especies de este patrón y la semilla con 6; por último, para esta unidad los tipos de fruto fueron: el aquenio con 17 especies, la cápsula con 6 especies, el esquizocarpo con 5 especies, la baya con 4 especies, la drupa y la cariopsis con 2 especies y la bellota con una sola especie (Apéndice 3, Figura 21).

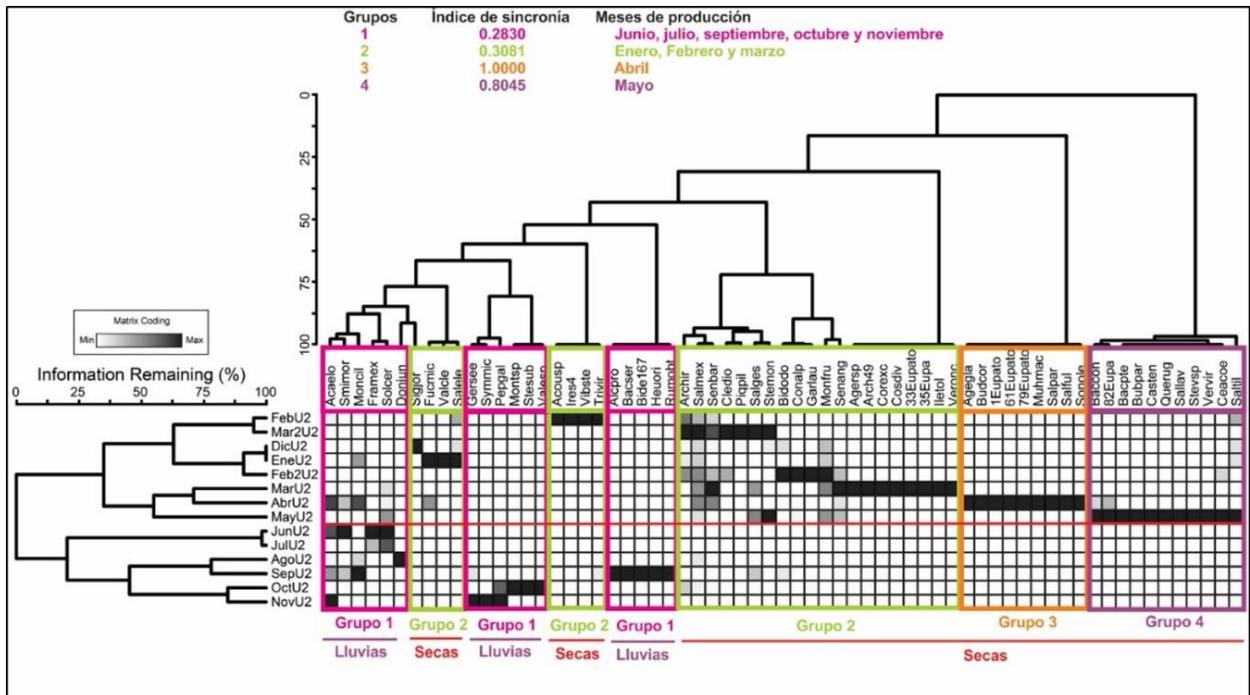


Figura 10. Dendrograma de la proporción de frutos maduros encontrados con relación a los meses de producción donde se establece la clasificación que agrupa a las especies y los meses de mayor producción de frutos para la UA2.

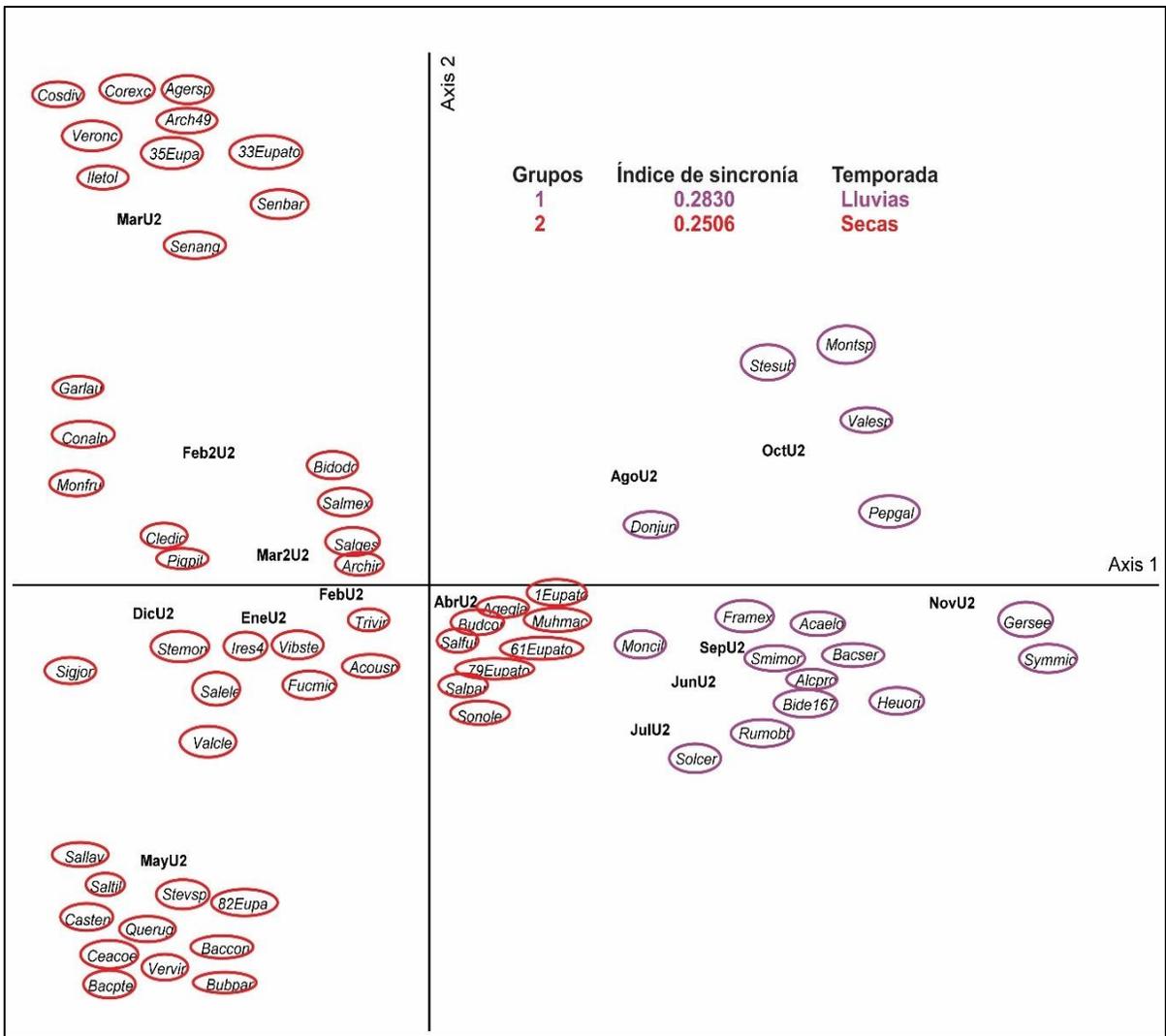


Figura 11. Ordenación (DCA) de la proporción de frutos maduros para los diferentes patrones establecidos en la clasificación con relación a los meses del año e índice de sincronía entre los patrones para la UA2.

6.3.3 Comparación de la fructificación en ambas unidades ambientales

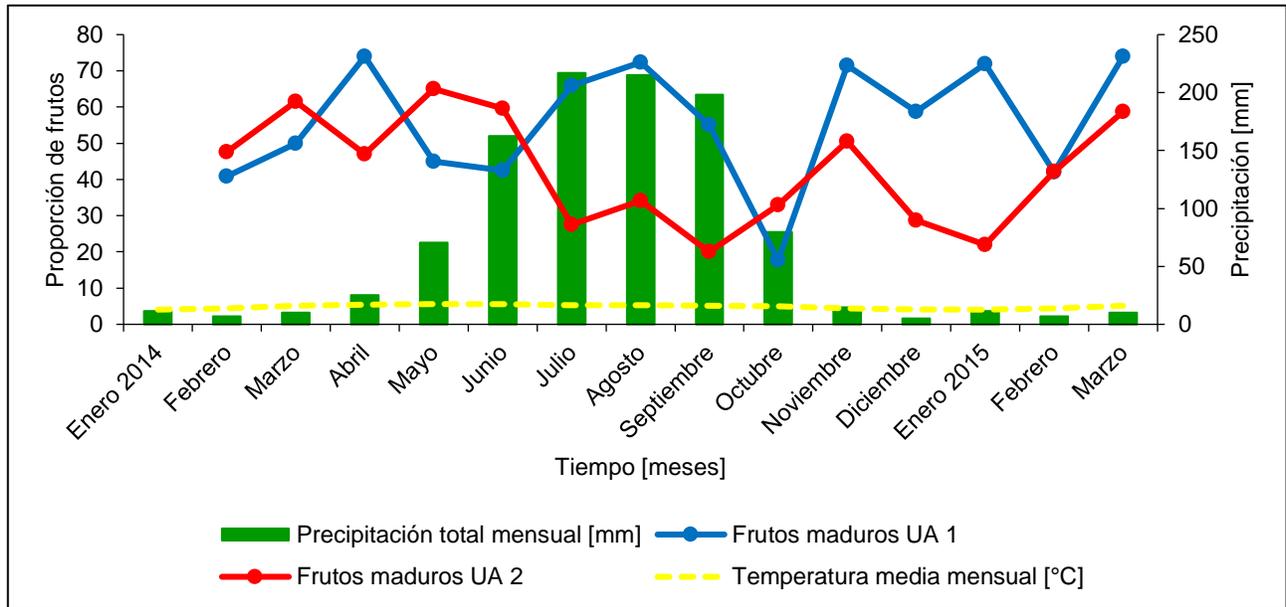
Al igual que la floración la disponibilidad de frutos para ambas unidades estuvo presente todo el año, ya que se tomaron en cuenta los individuos con estructuras reproductivas durante los recorridos.

Para ambas unidades se observa que la temporada de secas fue la que presentó la mayor producción de frutos, independientemente del número de especies que los produjeron. Para la UA1 el 73% de frutos maduros se presentó en marzo y para la UA2 el mes de mayo fue el de mayor producción con el 65%. Los meses de menor proporción de frutos fue en la temporada de lluvias. En la UA1 fue en el mes de octubre y para la UA2 fue en septiembre con un porcentaje inferior al 20% para ambas unidades (Figura 12a).

El patrón de frutos maduros para ambas unidades está determinado por la proporción de individuos del total de la población de cada especie que presentó diferentes estructuras reproductivas (flores y frutos) (Figura 12b).

Se observó que todo el año hay frutos en diferentes especies, sin embargo, el número de especies que aportan a la disponibilidad de frutos maduros a lo largo del año es variable teniendo que en julio se presenta el mayor número de especies que aportan a esta disponibilidad en ambas unidades. Los intervalos del número de especies que presentaron frutos maduros en secas para la UA1 fueron de 3 a 19 y para la UA2 fue de 4 a 18, para el caso de las lluvias el intervalo de especies que presentaron frutos maduros en la UA1 fue de 2 a 8 y para la UA2 fue de 2 a 12 (Figura 12b).

a)



b)

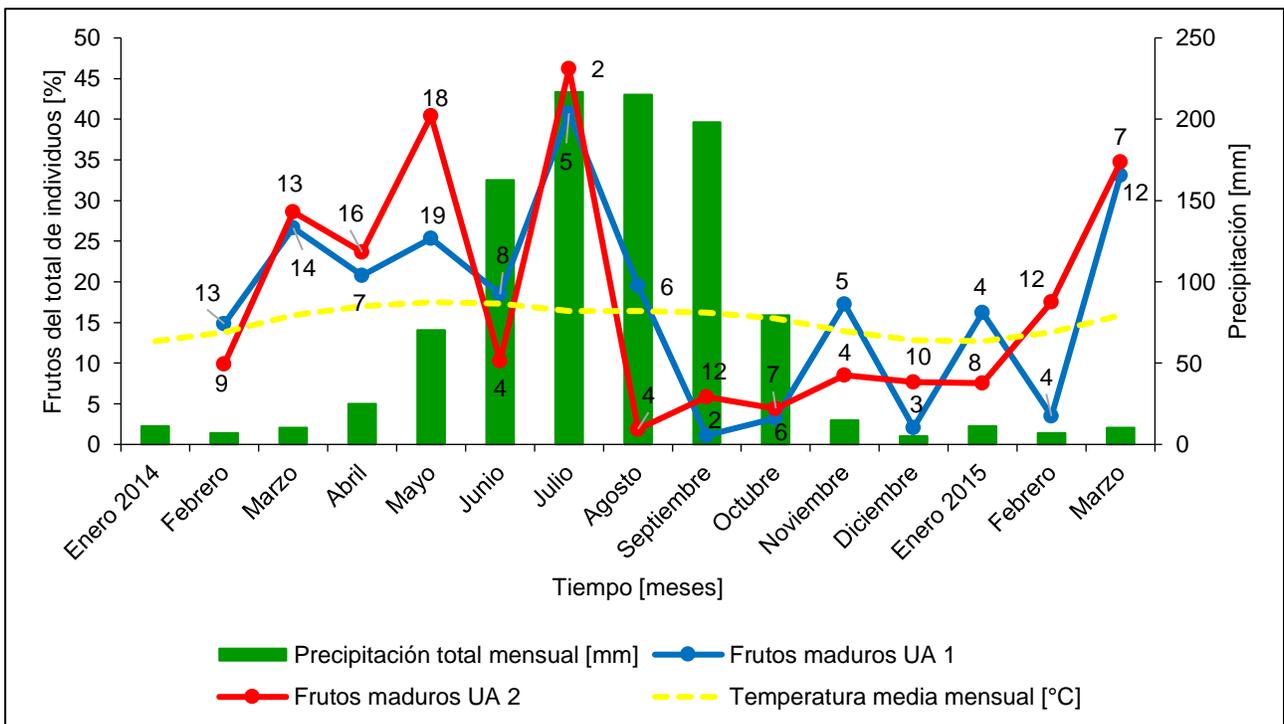


Figura 12. a) Proporción de frutos maduros de todos los individuos que solo presentaron frutos maduros en cada mes. b) Proporción de frutos maduros del total de individuos que presentaron estructuras reproductivas, el número dentro de la gráfica representa el número de especies que contribuyen a la disponibilidad de frutos maduros en ese mes.

6.4 Análisis de correspondencia canónica (ACC)

El análisis de correspondencia canónica (ACC) mostró que si hay una relación de la temporalidad entre los patrones encontrados tanto para la floración como para la fructificación en ambas temporadas.

Para la temporada de lluvias los factores que tuvieron un efecto positivo en los patrones fenológicos fueron la precipitación, la temperatura, la luz, la humedad y el pH del suelo, mientras que para la temporada de secas los factores que tuvieron una tendencia de los patrones fenológicos fueron la materia orgánica, el fósforo y el nitrógeno del suelo (Figura 13). También se muestran los resultados de la prueba de Montecarlo que se observan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados del ACC, de los patrones fenológicos de floración y fructificación para ambas unidades con respecto a los factores ambientales, con la prueba de Montecarlo de los ejes y de las correlaciones de especies- ambiente basado en 998 operaciones con valores aleatorizados.

Datos reales		Datos aleatorizados (Prueba de Monte Carlo)			
Eje	Valor del eje	Media	Mínimo	Máximo	p
1	0.511	0.497	0.392	0.523	0.3944
2	0.395	0.376	0.309	0.400	
3	0.309	0.295	0.261	0.313	
Eje	Correlación de spp-ambiente	Media	Mínimo	Máximo	p
1	0.999	0.996	0.924	1.000	0.5355
2	1.000	0.990	0.913	1.000	
3	0.999	0.989	0.867	1.000	

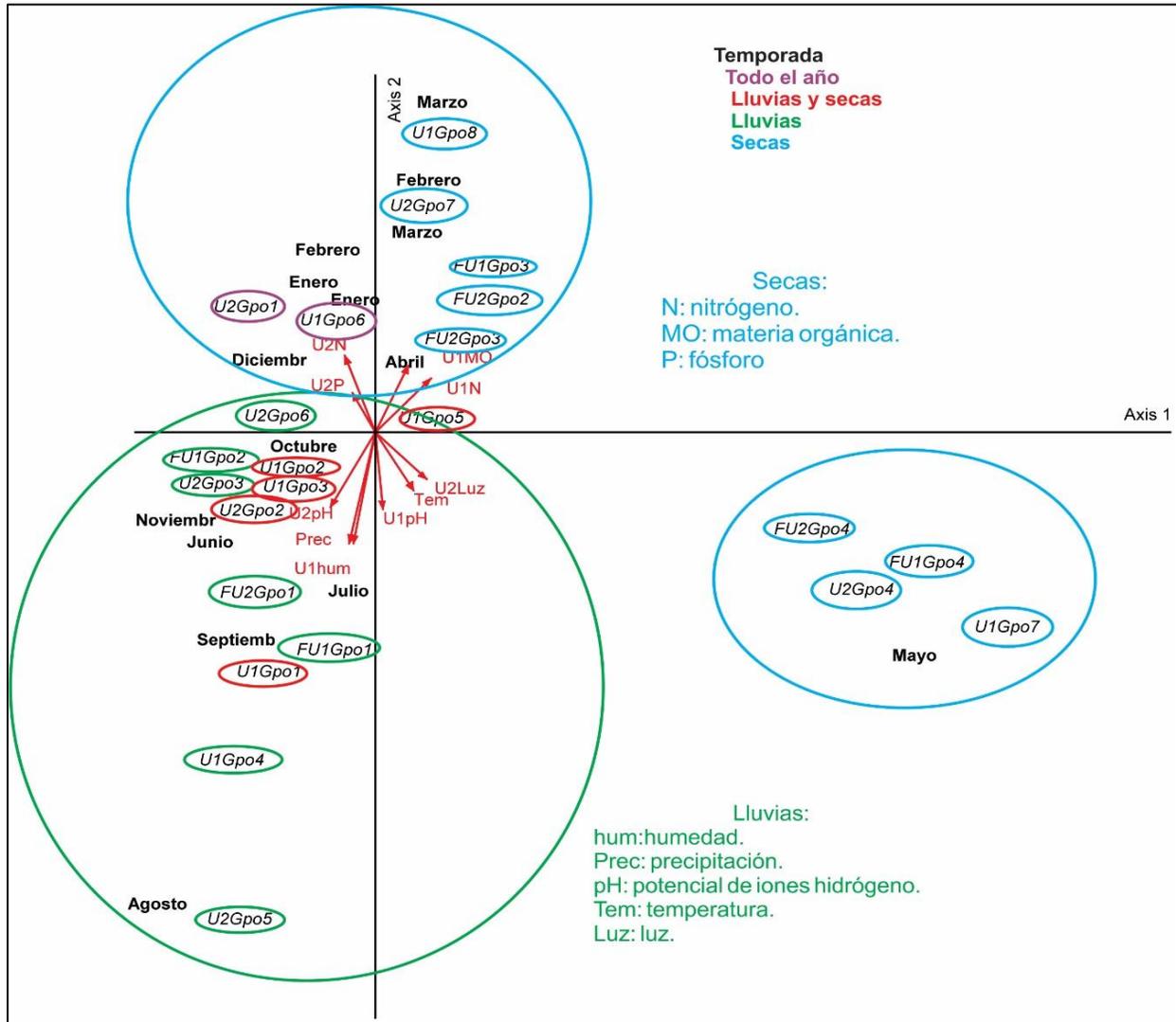


Figura 13. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de la fenología reproductiva de cada grupo en ambas unidades y los factores abióticos; U1Gpo1: Grupo 1 de floración en la unidad ambiental 1, U1Gpo2: Grupo 2 de floración en la unidad ambiental 1, U1Gpo3: Grupo 3 de floración en la unidad ambiental 1, U1Gpo4: Grupo 4 de floración en la unidad ambiental 1, U1Gpo5: Grupo 5 de floración en la unidad ambiental 1, U1Gpo6: Grupo 6 de floración en la unidad ambiental 1, U1Gpo7: Grupo 7 de floración en la unidad ambiental 1, U1Gpo8: Grupo 8 de floración en la unidad ambiental 1; U2Gpo1: Grupo 1 de floración en la unidad ambiental 2, U2Gpo2: Grupo 2 de floración en la unidad ambiental 2, U2Gpo3: Grupo 3 de floración en la unidad ambiental 2, U2Gpo4: Grupo 4 de floración en la unidad ambiental 2, U2Gpo5: Grupo 5 de floración en la unidad ambiental 2, U2Gpo6: Grupo 6 de floración en la unidad ambiental 2, U2Gpo7: Grupo 7 de floración en la unidad ambiental 2; FU1Gpo1: Grupo 1 de fructificación en la unidad ambiental 1, FU1Gpo2: Grupo 2 de fructificación en la unidad ambiental 1, FU1Gpo3: Grupo 3 de fructificación en la unidad ambiental 1, FU1Gpo4: Grupo 4 de fructificación en la unidad ambiental 1; FU2Gpo1: Grupo 1 de fructificación en la unidad ambiental 2, FU2Gpo2: Grupo 2 de fructificación en la unidad ambiental 2, FU2Gpo3: Grupo 3 de fructificación en la unidad ambiental 2, FU2Gpo4: Grupo 4 de fructificación en la unidad ambiental 2; hum: humedad, Luz: luz, MO: materia orgánica, N: nitrógeno, P: fósforo, pH: potencial de iones hidrógeno, Prec: precipitación y Tem: temperatura.

Discusión

El estudio del desarrollo de brotes, floración, fructificación o la senescencia de las diferentes estructuras de las plantas, permite entender los patrones de disponibilidad de algunas especies en el bosque de encino, su variación en el tiempo también determina algunas de las variables ambientales como la precipitación, la temperatura y la luz que establecen las fases de las estructuras reproductivas (Hudson y Keatley, 2010).

En este estudio encontramos que hay una disponibilidad de estructuras reproductivas todo el año en ambas unidades estudiadas, esto está determinado por el método que seguimos, ya que nos interesaba determinar si había diferencia en la disponibilidad de estructuras reproductivas entre unidades. Así mismo, se determinaron los mismos patrones para las flores y para los frutos en ambas unidades para establecer la temporalidad en la producción de estructuras reproductivas, independientemente de los grupos de especies encontrados dentro de esta temporalidad y de las diferentes especies que se encuentran en cada una de las unidades ambientales.

7.1 Fenología reproductiva a nivel comunitario

7.1.2 Floración

Los patrones fenológicos registrados en la comunidad de encino presentaron una temporalidad a lo largo del año. Para el caso de la floración en la UA1 la mayor proporción de estructuras registradas se dio en diciembre (secas), con una duración de seis meses comenzando desde octubre y finalizando en marzo, esta temporada equivale a finales de lluvias y secas.

En la UA2 el mes de mayor producción de estructuras reproductivas se presentó en junio durante la temporada de lluvias, tuvo una duración de seis meses comenzando en agosto y finalizando en marzo, esta temporada equivale a lluvias y secas respectivamente, mayo fue el mes con menor floración en ambas unidades.

Estos patrones se pueden presentar debido en parte a que se dan las primeras lluvias que propician la humedad del suelo, provocando que el agua que queda retenida en el suelo esté disponible para que las plantas la puedan absorber y poder florecer es por eso que una vez que pasan las lluvias; en el mes de julio que presenta la mayor precipitación en la zona de estudio, se da el menor porcentaje de producción de flores, factor que puede provocar la caída de las flores de las plantas. La duración de dicho evento fenológico sugiere que una vez que pasan las lluvias se da la mayor disponibilidad de flores. Ramírez (2009) observó en un trabajo que realizó que el contenido de humedad en el suelo es reconocido como el principal determinante de la floración en diferentes formas de vida.

En la comunidad de la CRM se han observado dos picos de floración antes y después de la temporada de lluvias (Díaz-López, 2015; Bonilla-Valencia *et al.*, 2017). En el Ajusco Medio, Martínez-Romero (1997) describió que alrededor del 57% de las especies del bosque presentan flores en los meses de diciembre y enero, siendo también en la temporada de secas. En este estudio todo el año se presentaron disponibilidad de flores sin embargo el mayor número de especies presentó flores en las secas.

Por otro lado, en el bosque de la Barranca de Tarango el período de mayor floración es de septiembre a diciembre es el de mayor presencia de flores (11 de las 14 especies de arbustos incluidas en el estudio) (Ventura-González, 2012). Así mismo, en el ecosistema del Cerro del Águila la precipitación es el factor ambiental más importante para la producción de flores en plantas herbáceas, y el fotoperíodo para la floración en arbustos y árboles (Cortés-Flores *et al.*, 2015).

Los patrones anteriores reflejan la influencia de las condiciones climáticas que prevalecen en los bosques templados subhúmedos del país, específicamente en la CRM (Rzedowski, 1978; Challenger, 1998), así como la predominancia del componente herbáceo, el cual presenta su floración durante la estación lluviosa o más húmeda (Croat, 1975; Ramírez y Seres, 1994; Batalha y Mantovani, 2000; Spina *et al.*, 2001, Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004). Como ocurrió en el patrón de lluvias de este estudio donde la mayoría de las especies que conformaron el patrón lluvias son herbáceas.

En algunos estudios diversos ha sido señalado que las especies arbóreas y algunas herbáceas perennes florecen principalmente en la estación seca del año, lo cual puede estar relacionado con la mayor disponibilidad y/o competencia de polinizadores, la reserva de agua almacenada en la planta o con factores abióticos como la temperatura y el fotoperíodo (Ramírez y Nepomuceno, 1986; Bello, 1994; Murali y Sukumar, 1994; León de la Luz *et al.*, 1996; Rivera y Borchert, 2001; Spina *et al.*, 2001).

En este estudio para la UA1, las especies que presentaron este comportamiento fueron *Tanacetum parthenium* y *Nectouxia formosa* dos especies herbáceas que florecen durante la estación seca. Para la UA2 se presentó en

cinco especies, las cuales fueron *Bidens triplinervia*, *Helianthemum glomeratum*, *Oenothera rosea*, *Peperomia galioides* y *Fragaria mexicana*. Bonilla-Valencia (2014) en la CRM encontró una correlación positiva y significativa entre la apertura del dosel, la cantidad de luz a nivel del sotobosque y la floración de una especie arbórea (*Sambucus nigra*).

La temperatura es otro de los factores que afectan la producción de flores dándose una reducción de estructuras reproductivas cuando la temperatura también disminuye; en este estudio se observó este patrón presentándose en los meses más fríos con la disminución de flores de algunas especies en el sitio de estudio, ya que disminuye el flujo evapotranspiracional al descender la temperatura; este flujo mantiene turgentes a las flores.

7.1.3 Fructificación

Con respecto a la producción de estructuras reproductivas, en la fructificación contrario a lo ocurrido en la floración, en la temporada de lluvias se presentó la mayor producción de frutos, solo que en un número reducido de especies para ambas unidades.

En julio se dio el mayor pico reproductivo, donde el agua es un factor que propicia un aumento en la producción de los frutos. La producción de frutos maduros carnosos está relacionada con la disponibilidad de agua principalmente y también la producción de frutos carnosos, que poseen altos niveles de contenido de agua y están relacionados por la disponibilidad de agua ambiental (Ramírez, 2009; Bonilla-Valencia, 2014).

Con respecto al patrón general de fructificación, la mayor proporción de estructuras registradas en la UA1 se dio en el mes de julio (lluvias), en *Fragaria*

mexicana, *Solanum cervantesii*, *Salvia mexicana* y *Conopholis alpina* con poco más del 40% de las especies fructificando, de noviembre a febrero no supero el 20% la producción de estructuras y de marzo a mayo rebaso el 30%. Resultados similares fueron obtenidos en la UA2 ocurrió en la cual el mes de julio (lluvias) también fue el mes de mayor producción de estructuras reproductivas, se presentó en *Fragaria mexicana* y *Solanum cervantesii*. De marzo a mayo poco más del 40% de las especies fructificaron correspondiendo a la temporada de secas. Y de septiembre a febrero, que corresponde a finales de lluvias y principios de secas no supero el 20%.

En marzo y mayo ocurrieron otros picos de producción de estructuras reproductivas, esto puede estar relacionado con la temperatura, ya que en marzo aumenta la temperatura. Otro de los picos de producción se presenta entre noviembre y enero en condiciones similares en este consideramos que las especies son tolerantes a cambios no tan bruscos adaptándose a sobrevivir cuando las condiciones sean más favorables.

La variación en los patrones de fructificación y las oscilaciones climáticas en diferentes ambientes, sugieren que otros factores pueden actuar para inducir la fructificación en bosques húmedos. Estos factores pueden estar relacionados con la presencia de polinizadores, dispersores, depredadores y competidores, que ejercen una fuerte influencia en el comportamiento fenológico (Cascaes, *et al.*, 2013).

Bonilla-Valencia *et al.*, 2017 observaron que un poco menos del 50% de las especies analizadas fructificaron al finalizar las lluvias (Díaz-López, 2015; Bonilla-Valencia *et al.*, 2017). Martínez-Romero, 1997 registró en el Ajusco Medio que

alrededor del 50% de las especies estudiadas presentaron frutos en los meses de enero y abril, las estructuras reproductivas se presentaron principalmente durante la temporada de secas. Por otro lado, en el bosque de la Barranca de Tarango el período de septiembre a diciembre es el de mayor presencia de frutos, en donde 10 de las 14 especies de arbustos presentaron frutos (Ventura-González, 2012).

Para varias especies del género *Quercus* en un bosque templado en México, la fructificación mostró una correlación con los meses de humedad moderada a alta y factores bióticos como la competencia y la depredación (Bello, 1994). Esto ha sido observado también en bosques templados en Japón y Estados Unidos, donde la mayor producción de frutos comienza a finales de verano y principios de otoño; los autores sugieren que esta temporalidad es adaptativa, pues la mayor producción de frutos coincide con la llegada de aves frugívoras migratorias (Thompson y Willson, 1979; Noma y Yumoto, 1997).

En cuanto a la producción de frutos, se ha encontrado que las especies anemócoras presentan un pico en medio de la temporada de secas, en cambio las autócoras y zoócoras tienen la mayor fructificación al principio de la misma temporada (Cortés-Flores, *et al.*, 2013). En nuestro estudio fue diferente ya autocoria y la zoocoria se presenta tanto en secas como en lluvias, esto puede tener relación con las diferencias en la humedad de la orientación de la ladera por lo que la distribución de las especies dominantes puede estar en ambas laderas y esto puede que amplíe su tiempo de producción de frutos a nivel de individuo pero se tendría que hacer un análisis de cada una de las especies y este trabajo su objetivo era conocer los patrones generales de la comunidad.

7.1.4 Fenología reproductiva entre las unidades ambientales

En este estudio hay diferencias en la riqueza y composición entre las unidades, esto posiblemente este asociado a la distribución de las especies y a la respuesta de estas a diferentes factores ambientales, la orientación de la ladera, por ejemplo, las laderas con exposición sur reciben casi seis veces más radiación solar que las laderas con orientación norte, además de que estas últimas son más húmedas que aquellas con orientación sur (López-Gómez *et al.*, 2012).

En lo que se refiere al número de especies que presentaron estructuras reproductivas en la UA2 (ladera N) fue mayor que en la UA1 (ladera S), y como respuesta a esto encontramos que en ambas unidades los patrones de floración y fructificación son diferentes y que su sincronía entre ellos en el caso de la UA2 son más sincrónicos ya que en la mayoría de los grupos la sincronía fue mayor a .5. En la UA1 son más heterogéneos con una sincronía menor a .5.

Además, algunas especies no forman parte del mismo patrón como es el caso de *Sonchus oleraceus* una especie introducida y que también es una especie anual que la encontramos en la UA1 en el patrón lluvias. Sin embargo, en la UA2 se observó esta misma especie en el patrón lluvias y secas, puede ser que esta especie necesita mayor cantidad de humedad en el suelo para florecer.

Por lo tanto, en la UA1 florece en lluvias y en la UA2 al ser más húmeda puede florecer tanto en secas como en lluvias debido a que en esta unidad con exposición norte la disponibilidad de agua no es un factor limitante y dado que las especies anuales cumplen con la peculiaridad que mientras exista agua disponible, el desarrollo y los estadios fenológicos son continuos a partir de su

germinación, de modo que la floración y la fructificación pueden concebirse como el resultado de la madurez del individuo (César-García, 2002).

7.1.5 Fenología reproductiva entre distintas formas de crecimiento

En la composición florística de la gran mayoría de los encinares predominan ampliamente el número de especies de plantas herbáceas sobre las leñosas, condición observada en este trabajo. En la zona de estudio y en otros trabajos realizados en ambientes templados, las formas de crecimiento de las especies presentan diferentes patrones fenológicos reproductivos, esto posiblemente debido a que cada forma de crecimiento presenta una serie de atributos estructurales que le permiten confrontar variaciones climáticas específicas (Croat, 1975; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Batalha y Martins, 2004; Ramírez, 2009; Bonilla-Valencia, 2014; Díaz-López, 2015).

En un estudio realizado en los Llanos centrales Venezolanos Ramírez (2009) observo que las especies herbáceas tienden a reproducirse durante el período lluvioso; por el contrario, las especies arbóreas tienden a florecer durante el período seco en este tipo de vegetación y en otros bosques estacionales. Así también Díaz-López (2015) en el estudio que realizo encontró que los arbustos florecieron y mostraron frutos maduros prácticamente durante todo el año, esto probablemente debido al sistema radicular que presentan, ya que los arbustos tienen un sistema radicular profundo que les permite acceder a sitios donde el agua está disponible; por esa razón, la mayoría de las especies arbustivas presentan frutos secos durante la temporada de sequía, sin llegar a presentar estrés hídrico, además de que pueden poseer estructuras de reserva y de protección que les permiten reproducirse durante los periodos de tiempo más

desfavorables del año (Batalha y Mantovani, 2000; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004).

En este trabajo a pesar de presentar un patrón diverso de producción de estructuras, se encontró que en ambas unidades hay un grupo muy bien representado en lluvias y secas que presenta su floración al finalizar las lluvias y principio de las secas y concuerda con otro estudio realizado en la misma cuenca, en donde se observó que las especies herbáceas anuales y perennes alcanzaron su pico de floración en octubre y noviembre, después de las lluvias (Díaz-López, 2015). Así, mismo, Janzen (1967) y Rathcke y Lacey (1985) indican que la mayoría de las herbáceas anuales y perennes muestran su crecimiento vegetativo durante la temporada lluviosa, y meses después la floración y fructificación, lo cual explica por qué la floración empieza uno o dos meses después del inicio de la temporada lluviosa, específicamente en las hierbas anuales.

Así como se presentó un grupo abundante de especies que florecieron en la temporada de finales de lluvias y principios de secas, se presentó otro grupo de especies que florecieron únicamente en la estación seca del año y algunas de las especies fueron *Tanacetum parthenium*, *Phytolacca icosandra*, *Digitalis purpurea*, *Anagallis arvensis*, *Nectouxia formosa* para la UA 1 y para la UA 2 estuvo más representado por la familia Asteraceae con diferentes géneros como *Acourtia* sp., *Ageratina* sp. y *Eupatorium* sp. y *Bidens triplinervia*. Este pequeño grupo de especies que florecen de forma asincrónica a las otras especies se presentó en el mismo estudio de Díaz-López (2015) donde las pocas especies que florecen en la temporada de secas son muy abundantes y compensa el mayor número de especies que florecen en la temporada de lluvias, dando un amortiguamiento de

los recursos disponibles en el medio con una mayor disponibilidad de polen y néctar para los polinizadores durante todo el año (Meave *et al.*, 1994).

7.1.6 Fenología reproductiva entre distintos síndromes de dispersión

Con respecto a esta relación, estudios previos han demostrado que algunas comunidades vegetales muestran diferentes patrones de fructificación que están asociados con ciertos síndromes de dispersión. Por ejemplo, en bosques tropicales, así como también en bosques templados, se ha observado que las especies con semillas dispersadas por los animales frugívoros tienden a producir frutos maduros durante la estación húmeda, mientras que, en la estación seca, las especies dispersadas por el viento son dominantes entre las especies fructíferas (Lieberman, 1982; Wikander, 1984; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Machado *et al.*, 1997; Batalha y Mantovani, 2000; Griz y Machado, 2001; Ramírez, 2009; Cortés-Flores *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2013 y 2014).

La relación que muestran los mecanismos de dispersión con la estacionalidad de la fructificación ha sido abordada en varios estudios realizados en ambientes templados, en los que destaca el de Díaz-López (2015) en donde encontró que el síndrome de dispersión predominante en las especies herbáceas y arbustivas observadas en su estudio fue la anemocoria, es decir, la mayor parte de las diásporas fueron dispersadas por el viento. Registrando los periodos de fructificación para las especies anemócoras en su mayoría durante la temporada seca, registrando además la mayor riqueza y abundancia de diásporas en la lluvia de semillas para su sitio de estudio (Martínez *et al.*, 2014).

En este estudio se dieron ciclos cortos de duración en la producción de frutos y en un número reducido de especies, esto principalmente debido a las

condiciones climáticas en donde las especies se reproducen cuando las condiciones climáticas son más favorables. Los dos síndromes de dispersión más representativos en ambas unidades fueron la sarcocoria para la temporada de lluvias y la pogonocoria para las secas, lo cual muestra relación con los factores ambientales como es el caso en la temporada de secas, donde se da un aumento en la producción de frutos que utilizan mecanismos de dispersión asociados al viento como forma de propagación; por ejemplo, tenemos especies como *Brickellia pendula*, *Archibaccharis serratifolia* y *Senecio angulifolius* especies que presentan este tipo de dispersión. El factor ambiental que propicia este tipo de dispersión es principalmente el aumento de vientos en marzo (Lieberman, 1982; Machado *et al.*, 1997; Batalha y Mantovani, 2000; Griz y Machado, 2001; Batalha y Martins, 2004).

En contraste, durante la temporada de lluvias las especies arbustivas con frutos maduros durante este período puede estar relacionado con la producción de frutos carnosos que una vez maduros son dispersados por animales. La producción de frutos maduros, principalmente carnosos, está asociada con altos valores en las variables climáticas relacionadas con la disponibilidad de agua. Esta asociación también sugiere que la producción de frutos carnosos, los cuales tienen alto contenido de agua, está influenciada por la disponibilidad de agua ambiental (Bonilla-Valencia, 2014).

7.1.7 Fenología reproductiva y su relación con los efectos de disturbio

El bosque de encino en la cuenca del río Magdalena alberga una gran diversidad biológica, esto lo convierte en un recurso natural valioso que proporciona grandes servicios ambientales a la ciudad de México, sin embargo, al igual que los bosques aledaños a las metrópolis, el bosque de encino ha sufrido cambios por

fragmentación del ecosistema, lo que ha propiciado una vulnerabilidad al deterioro estructural y funcional (Almeida-Leñero, *et al.*, 2007).

Así también otro de los factores que influyen en la composición florística de este tipo de ecosistema son los efectos del disturbio donde algunas especies pueden ser susceptibles de la extinción local y afectar la dinámica del ecosistema, es por ello que, para preservar la diversidad de especies y la dinámica de los encinares, la conservación debe considerar los procesos de disturbio. Vetaas (1997) considera que el efecto del disturbio es relevante en las estrategias de conservación, en especial en áreas densamente pobladas, y que las políticas de conservación deben permitir un impacto antropogénico de baja intensidad.

En las malezas registramos más especies nativas que introducidas, este factor nos indica el grado de perturbación en las zonas, debido a la integración de estas especies a este tipo de vegetación y las constantes alteraciones y tasas de cambio puede que las malezas nativas tengan un rol importante en la dinámica de este ecosistema.

Todas las plantas que son introducidas a este tipo de ecosistema son herbáceas y solo se encontraron en la UA1 y en la temporada de lluvias y secas y únicamente hubo una especie que se compartió entre las unidades y esta fue *Myosotis sylvatica*. De las 82 especies nativas que encontramos en este estudio, en la UA1 existen 21 especies y en la UA2 existen 20 especies y de estas comparten 13 especies.

7.1.8 Fenología reproductiva de la composición y diversidad florística

En este trabajo se registró un total de 160 especies de flora para ambas unidades del bosque de encino en la CRM; registrándose 50 familias, en donde las mejor

representadas fueron Asteraceae, Lamiaceae, Solanaceae, Rubiaceae y Rosaceae con 109 géneros, de los cuales Salvia mostró el mayor número de especies con ocho, seguido de Baccharis y Bidens, con cinco cada uno.

La composición florística fue semejante a lo señalado para otros bosques de encino en el Estado de México e incluso en otras zonas del país. En los bosques de la Sierra de Manantlán, Jalisco, la familia Asteraceae hace la mayor contribución a la riqueza de especies (Encina-Domínguez, *et al.*, 2007). Según Rzedowski (1978), en los encinares de México las plantas vasculares mejor representadas pertenecen a las familias Asteraceae, Poaceae y Fabaceae.

Conclusiones

Las conclusiones de este estudio son las siguientes:

- La comunidad del bosque de encino de la CRM presentó una disponibilidad de estructuras reproductivas durante todas las estaciones del año, tanto en secas y lluvias, lo que indica el mantenimiento de las poblaciones de polinizadores.
- La floración en el sitio con exposición sur (UA1) mostró un comportamiento más heterogéneo en la producción de estructuras reproductivas que en la ladera norte (UA2).
- La fructificación se vio favorecida por la temporada de lluvias en ambas unidades, produciendo frutos más grandes y carnosos, sin embargo, la UA2 mostro mayor diversidad.
- La composición florística es mayor en la UA2 debido a la mayor humedad que presenta al ser una ladera con exposición norte.
- La familia botánica mejor representada en ambas unidades fue la Asteraceae, sin embargo, cada unidad ambiental presenta otras familias botánicas representativas. En la UA1 dominan la Rubiaceae y la Solanaceae, mientras que para la UA2 la familia Lamiaceae y Rosaceae son las predominantes.

Referencias

- Abe, T. y Kamo, K. 2003. Seasonal change of floral frequency and composition of flower in cool temperate secondary forests in Japan. *Forest Ecology and Management*. 175: 153-162.
- Almeida-Leñero, L., Nava, M., Ramos, A., Espinosa, M., Ordoñez, M de J. y Jujnovsky, J. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica*. 84-85: 53-64.
- Álvarez-Román, K. 2000. *Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el bosque de Los Dinamos, área de conservación ecológica de la Delegación Magdalena Contreras*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 127 pp.
- Arizaga, S., Martínez, J., Salcedo, M. y Bello, M. A. 2009. Manual de biodiversidad de encinos michoacanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Ecología. México, Ciudad de México. pp. 149.
- Augspurger, C. K. 1983. Phenology, flowering synchrony and fruit set of six neotropical shrubs. *Biotropica*. 15(4): 257-267.
- Ávila-Akerberg, V. 2002. *La vegetación de la cuenca Alta del río Magdalena: Un enfoque florístico, fitosociológico y estructural*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ciudad de México. 86 pp.
- Barnes, D., Corrie, A., Whittington, M., Carvelho, M. y Gell, F. 1998. Coastal shellfish resource use in the Quirimba Archipelago, Mozambique. *Journal of Shellfish Research*. 17:51–58.
- Batalha, M. y Mantovani, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pe-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): A comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biología*. 60(1): 129-145.

- Batalha, M. y Martins, F. 2004. Reproductive phenology of the Cerrado plant community in Emas National Park (Central Brazil). *Australian Journal of Botany*. 52:149-161.
- Bates, R.G. 1973. Determination of pH: theory and practice. John Wiley, New York, NY, USA. pp. 479.
- Bello, M. A. 1994. Fenología y biología del desarrollo de cinco especies de *Quercus* en Paracho y Uruapan, Michoacán. *Ciencia Forestal en México*. (19) 75: 3-40.
- Bonilla-Valencia, L. 2014. *Fenología reproductiva de Sambucus nigra L., en la cuenca del río Magdalena, D.F.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 76 pp.
- Bonilla-Valencia, L. 2016. *Determinación de las características biológicas de la maleza nativa Sambucus nigra (L.) en un bosque templado de Abies religiosa.* Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, Ciudad de México. 105 pp.
- Bonilla-Valencia, L., Martínez O., Y., Castillo A., S., Barajas G., G., Romero Romero, M.A. y Díaz L., E.T. 2017. Reproductive phenology of understory species in an *Abies religiosa* (Pinaceae) forest in the Magdalena River Basin, Mexico City. *The Journal of the Torrey Botanical Society*.144(3): 313–327.
- Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*. 75:1437-1449.
- Bosch, J., Retana, J. y Cerda, X. 1997. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in an herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia*. 109: 583-591.
- Bremner, J.M.1965. Total nitrogen. En: Black, C.A. (eds.). Methods of soil analysis. vol. 2. *American Society of Agricultural*. USA. pp. 1149–1178.

- Brown, J. y Kodric-Brown, A. 1979. Convergence, competition, and mimicry in a temperate community of hummingbird-pollinated flowers. *Ecology*. 60: 1022-1035.
- Bullock, S. y Solís-Magallanes, J. 1990. Phenology of canopy of a tropical deciduous forest in México. *Biotropica*. 22: 22-35.
- Carabias-Lillo, J. y Guevara-Sada, S. 1985. Fenología de una selva tropical húmeda en una comunidad derivada: Los Tuxtlas, Veracruz. En: Gómez-Pompa, A. y S. del Amo (eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz. Volumen II. México. pp. 27-78.
- Cardoso, F. C. G., Marques R., Botosso P. C. y Marques M. C. M. 2012. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant Soil*. 354: 269-281.
- Cascaes, M.F., Citadini-Zanette, V. y Harter-Marques, B. 2013. Reproductive phenology in a riparian rainforest in the south of Santa Catarina state, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 85(4): 1449-1460.
- César-García, S. F. 2002. *Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D. F. México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 105 pp.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología. UNAM y Agrupación Sierra Madre S.C., México.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 87-108
- CONABIO. 2012. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Vibrans, H. (ed.), (2009). Malezas de México.

- CONAFOR. 2014. Programa Nacional Forestal 2014-2018. Comisión Nacional Forestal, México.
- Contreras, C. L. y Varela, C. W. 2016. Mecanismos de dispersión de diásporas en un bosque perturbado de la Cumaca, Estado Carabobo, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 39(2): 128-156.
- Cornejo-Tenorio, G. e Ibarra- Manríquez, G. 2007. Plant reproductive phenology in a temperate forest of the monarch butterfly biosphere reserve, México. *Interciencia*. 32: 445-452.
- Cortés-Flores, J., Andresen, E., Cornejo- Tenorio, G. e Ibarra-Manríquez, G. 2013. Fruiting phenology of seed dispersal syndromes in a Mexican Neotropical temperate forest. *Forest Ecology and Management*. 289: 445-454.
- Cortés-Flores, J., Cornejo-Tenorio, G. e Ibarra-Manríquez, G. 2011. Fenología reproductiva de las especies arbóreas de un bosque neotropical. *Interciencia*. 36: 608- 613.
- Cortés-Flores, J., Cornejo-Tenorio, G. e Ibarra-Manríquez, G. 2015. Flowering phenology and pollination syndromes in species with different growth forms in a Neotropical temperate forest of Mexico. *Botany*. 93: 361-367.
- Croat, T. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica*. 7: 270-277.
- De Cara, G. 2006. La observación fenológica en agrometeorología. *Ambienta*. 53: 64-70. Reportaje; Servicio de Aplicaciones Meteorológicas, Instituto Nacional de Meteorología.
- Denslow, J. 1987. Tropical rain forest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 18: 431-451.
- Díaz-López, T. 2015. *Fenología reproductiva del bosque de Abies religiosa en la cuenca del río Magdalena D. F.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 81 pp.

- Encina-Domínguez, J. A., Zárate-Lupercio, A., Valdés-Reyna, J. y Villarreal-Quintanilla, J. A. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, número 081 Sociedad Botánica de México, A.C. Distrito Federal, México. pp. 51-63
- FAO. 2010. Global forest resources assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fournier, L.A. y Charpentier, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Cespedesia*. 7(25): 13-20.
- Frankie, G., Baker H. y Opler, P. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 62: 881-919.
- Galloway, L. y Burgess, K. 2012. Artificial selection on flowering time; Influence on reproductive phenology across natural light environments. *Journal of Ecology*. 4: 852-861.
- Gauch Jr, H. G. y Whittaker, R. H. 1981. Hierarchical classification of community data. *The Journal of Ecology* .69 (2): 537-557.
- Gentry, A. 1990. Evolutionary patterns in Neotropical Bignoniaceous. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 55: 118-129.
- Gómez, P. y Fournier, L.A. 1996. Fenología y ecofisiología de dos poblaciones de *Tabebuia rosea* ("Roble de sabana") en Costa Rica (Bignoniaceae). *Revista de Biología Tropical*. 44: 61-70.
- Gómez, R. M. L. 2010. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia, un paso hacia su conservación. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Corantioquia. Volumen I. pp. 228.

- Griz, L. y Machado, I. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 17:303-321.
- Guariguata, M.R. y Kattan, G. 2002. Ecología y conservación de bosques Neotropicales. Libro Universitario Regional.
- Günter, S., Stimm, B., Cabrera, M., Diaz, M., Lojan, M., Ordoñez, E., Ritchter, M. y Weber, I. 2008. Tree phenology in montane forests of southern Ecuador can be explained by precipitation, radiation and photoperiodic control. *Journal of Tropical Ecology*. 24: 247-258.
- Guzmán, M. R., Zavala, H., Castaño, M. G. y León, C., J.L. 2014. Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México. *Madera y Bosques*. 20: 71-83.
- Heinrich, B. 1975. Bee flowers: a hypothesis on flower variety and blooming times. *Evolution*. 29:325-334.
- Heinrich, B. 1976. Flowering phenologies: bog, Woodland, and disturbed habitats. *Ecology*. 57: 890-899.
- Hill, M. O. 1979. TWINSPLAN: a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Section of Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca. pp 90.
- Hudson, I.L. y Keatley, M.R. 2010. Phenological Research, Methods for Environmental and Climate Change Analysis. Dordrecht. Springer.
- Ibarra-Manríquez, G., Sánchez-Garfias, B. y González-García, L. 1991. Fenología de lianas y árboles anemócoros en una selva cálida-húmeda de México. *Biotropica*. 23: 242-254.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2014. Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. pp. 473.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. pp. 469.
- Jackson, M.L. 1982. Análisis químicos de suelos. Ediciones Omega S.A., Barcelona España. pp. 190-232.
- Janzen, D. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution*. 21:620-637.
- Jiménez, A.C.D. 1990. Catálogo de plantas comestibles en la República Mexicana. I. Árboles, arbustos y otras leñosas. Informe del Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, México, D.F.
- Jordán, M. y Casaretto J. 2006. Hormonas reguladoras del crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citoquininas. En: F.A. Squeo & L. Cardemil (eds.). Fisiología Vegetal. Chile. *Ediciones Universidad de La Serena*: 1-28.
- Kappelle, M. 2006. Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests. *Springer*. Heidelberg. 185:3-13.
- Kevan, P. 1972. Insect pollination of high Arctic flowers. *Journal of Tropical Ecology*. 60:831-847.
- Knudsen, D., G. A. Peterson y P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. En: Page, A.L., R.H. Miller y D.R. Keeney (Eds.). Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part 2. *American Society of Agronomy, Soil Science Society of America*. Madison, WI. pp. 225-246.
- Lack, A. 1982. The ecology of flowers of chalk grassland and their insect pollinators. *Journal of Tropical Ecology* 70:773-790.
- León de la Luz, J., Coria, B. y Cruz, E. 1996. Fenología reproductiva de una flora árido-tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana*. 35:45-64.
- Liberman, D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Tropical Ecology*. 70: 791-806.

- Lieth, H. 1974. Phenology and Seasonality Modeling. Springer Verlag, New York. pp. 345.
- López-Gómez, V., Zedillo-Avelleyra, P., Anaya-Hong, S., González-Lozada, E. y Cano-Santana, Z. 2012. Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae). *Botanical Sciences*. 90(4): 453-457.
- Luna, J. A. de L., Montalvo E., L. y Rendón A., B. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 72:107-117.
- Machado, I., Barros, L. y Sampaio, E. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada-PE, Northeastern Brazil. *Biotropica*. 29:57-68 pp.
- Mantovani, M., Ruschel, A., Sedrez dos Reis, M., Puchalski A. y Nodari, R. 2003. Fenología reproductiva de especies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. *Revista Árvore*. 27: 451-458.
- Márquez, G., J., Collazo, O., M., Martínez G., M., Orozco S., A. y Vázquez S., S. 2013. Biología de angiospermas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencia: Coordinación de la Investigación Científica.
- Martínez, Y., Castillo, S., Álvarez, M. y Zavala, J. 2013. Lluvia y banco de semillas como facilitadores de la regeneración natural en un bosque templado en la ciudad de México. *Interciencia*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 400-409 pp.
- Martínez, Y., Orozco, A., Castillo, S., Collazo, M. y Zavala, J. 2014. Seed rain as a source of propagules for natural regeneration in a temperate forest in Mexico City. *Journal of Torrey Botanical Society*. 141(2):135-150.
- Martínez-Romero, M. 1997. *Fenología de especies herbáceas y arbustivas del parque Ecológico de la Ciudad de México, Ajusco Medio, D.F.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 82 pp.

- Mas, J.F., Velázquez, A., Díaz Gallegos, J.R., Mayorga Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., Castro, R., Fernández, T. y Pérez Vega, A. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multivariate spatial data base for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 5(4):249-261.
- Matteucci, D. S. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168 pp.
- McCune, B. y Mefford, M. J. 2006. PC-ORD 5.0. Multivariate analysis of ecological data. Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Meave, J., Carabias, J., Arriaga, V. y Valiente-Banuet, A. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. En: Rojo, A. (compilador). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 91-105 pp.
- Medina, J.G. y J.D. Tejero-Diez. 2006. Flora y vegetación del parque estatal Atizapán-Valle Escondido, Estado de México, México. *Polibotánica* 21:1-43.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). 2003. Ecosystems and human well-being. Capítulo 2: Ecosystem and their services. *Millennium Ecosystem Assessment*.
- Morellato, L. y Leitao Filho, H. 1990. Estrategias fenológicas de especies arbóreas en la floresta mesófila de la Serra de Japi, Jundiaí, Sao Paulo. *Revista Brasileira de Biología*. 50:163-173.
- Murali, K. y Sukumar, R. 1994. Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, Southern India. *Ecology*.82: 759-767.
- Nakar, R. N. y Jadeja B. A. 2015. Flowering and fruiting phenology of some herbs, shrubs and undershrubs from Girnar Reserve Forest, Gujarat, India. *Current science*. Vol. 108. N° 1.
- Newstrom, L., Frankie, G., Baker, H. y Colwell, R. 1994. Diversity of long-term flowering patterns. In McDade LA, Bawa KS, Hespeneide HA, Hartshorn

- GS (Eds.). La Selva. Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest. University of Chicago Press. Chicago, IL, USA. 142-160 pp.
- Nixon K.C. 1998. El género *Quercus* en México. En: Ramamoorthy, T.P., Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 435-448.
- Noma, N. y Yumoto, T. 1997. Fruiting phenology of animal- dispersed plants in response to winter migration of frugivores in a warm temperate forest on Yakushima Island, Japan. *Ecological Research*. 12: 119-129.
- Ochoa-Gaona, S., Pérez-Hernández, I. y Bernardus, H. J. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*. 56: 657- 673.
- Olsen, O., R.V.Cole, F.S. Watanabe y C.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture*. USA. pp. 939–943.
- Percival, M. 1965. *Floral Biology*. Oxford: *Pergamon Press*.
- Pérez L., P., López B., F., García O., F., Cuevas-Reyes, P. y González-Rodríguez, A. 2013. Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Biológicas*.1:18-24.
- Pérez, P., López, F., García, F., Cuevas, P. y González, A. 2013. Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Biológicas*. 1:18-24.
- Programa Biológico Internacional (IBP). 1972. En Phenology Committee. Report. Austin, Texas: US/ IBP Environmental Coordinating Office. pp. 54.
- Ramírez, G. y Nepomuceno, M. 1986. Fenología de tres especies de coníferas de la región de los “Altos de Chiapas”. *Ciencia Forestal*. 60:21-50.
- Ramírez, N. 2002. Reproductive phenology, life-forms and habitats of the Venezuelan Central Plain. *Journal Botanica*. 89: 836-842.

- Ramírez, N. 2009. Correlaciones entre la fenología reproductiva de la vegetación y variables climáticas en los altos Llanos Centrales Venezolanos. *Acta Botánica Venezuelica*. 32(2): 333-362.
- Ramírez, N. y Seres, A. 1994. Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan tropical cloud forest. *Plant Systematics and Evolution*. 190: 129-142.
- Rathcke, B. y Lacey, E. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 16: 179-214.
- Reynolds, S.G. 1970. The gravimetric method of soil moisture determination, I: A study of equipment and methodological problems. *Hydrology*. 11:258–273.
- Rich, P., Breshears, D. y White, A. 2008. Phenology of mixed woody-herbaceous ecosystems following extreme events: Net and differential responses. *Ecology*. 89(2): 342-352.
- Rivera, G. y Borchert, R. 2001. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium collections. *Tree Physiology*. 21:201-212.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Ciencias*. 6: 47-56.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14: 3-21.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1a Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- Sánchez-Garfias, B., Ibarra-Manríquez, G. y González-García, L. 1991. Manual de identificación de frutos y semillas anemócoros de árboles y lianas de la Estación "Los Tuxtles", Veracruz, México. Cuadernos 12. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 86 pp.
- Santibáñez-Andrade, G. 2009. *Composición y estructura del bosque de Abies Religiosa en función de la heterogeneidad ambiental y determinación de su grado de conservación en la cuenca del río Magdalena, México, D.F.* Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 134 pp.
- Santibáñez-Andrade, G., Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y. 2015. Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. *Bosque*. 36(2):299-313.
- Smith-Ramírez, C. y Armesto, J. 1994. Flowering and Fruiting Patterns in the Temperate Rainforest of Chiloe, Chile-Ecologies and Climatic Constraints. *Journal of Ecology*. 82:353-365.
- Solórzano, S., Castillo, S., Valverde, T. y Ávila, L. 2000. Quetzal abundance in relation to fruit availability in a cloud forest in Southeastern Mexico. *Biotropica*. 32(3): 523-532.
- Spina, A., Ferreira, W. y Leitão Filho, H. 2001. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). *Acta Botanica Brasilica*. 15:349-368.
- Stiles, G. 1975. Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican Heliconia species. *Ecology*. 56:285-301.
- Thompson, J.N. y Willson, M.F. 1979. Evolution of temperate fruit/bird interactions: phenological strategies. *Evolution*. 33:973-982.
- Toledo, V. 1975. La estacionalidad de flores utilizadas por los colibrís de una selva tropical húmeda en México. *Biotropica*. 7: 63-70.

- Valdez-Hernández, M., Andrade, J., Jackson, P. y Rebolledo, M. 2010. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, México: effects of environmental and physiological factors. *Plant and Soil*.329: 155-171.
- Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*.75:33-53.
- Valverde, T. y Silvertow, J. 1997. Canopy closure rate and forest structure. *Ecology*. 78: 1555-1562.
- Van Schaik, C., Terborgh, J. y Wright, S. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*.24: 353-377.
- Ventura-González, N. 2012. *Fenología de una zona conservada de bosque en la Barranca de Tarango, Distrito Federal, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Edo. de México. 51 pp.
- Vetaas O.R. 1997. The effect of canopy disturbance on species richness in a central Himalayan oak forest. *Plant Ecology*. 132:29-38.
- Walkley, A. y Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 34: 29–38.
- Wikander, T. 1984. Mecanismos de dispersión de diásporas de una selva decidua en Venezuela. *Biotropica*. 16: 276-283.
- Williams-Linera, G. y Meave, J. 2002. Patrones fenológicos. En: Guariguata, M. y G. Kattan (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. San José, Costa Rica. *Editorial Libro Universitario Regional*: 407- 431.
- Wright, S. y Van Schaik, C. 1994. Light and the phenology trees. *The American Naturalist*. 143: 192-199.
- Zavala C.F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica*.8:47-64.

Apéndices

Apéndice 1. Características biofísicas de las unidades ambientales del bosque de encino.

Cuadro 1. Características biofísicas de las unidades ambientales del bosque de encino seleccionadas para este estudio (modificado de Santibáñez *et al.*, 2015).

Unidad	Tipo de suelo	Intervalo de altitud [m]	Extensión [ha]	Orientación/pendiente	Vegetación: especies arbóreas dominantes	Fisionomía y nivel de conservación del bosque
UA1	Ah Lit/Ah	2 700 – 3 000	76.21	SE/Ligera	<i>Quercus rugosa</i> , <i>Q. laurina</i> y <i>Q. crassipes</i> .	Dosel cerrado, muy denso y conservado
UA2	Ah/Lit	2 700 – 3 100	102.51	NO/Alta	<i>Quercus laurina</i> , <i>Garrya laurifolia</i> y diferentes especies de gramíneas.	Dosel abierto, poco denso con signos de disturbio

Apéndice 2. Formas de crecimiento de los patrones reproductivos en ambas unidades.

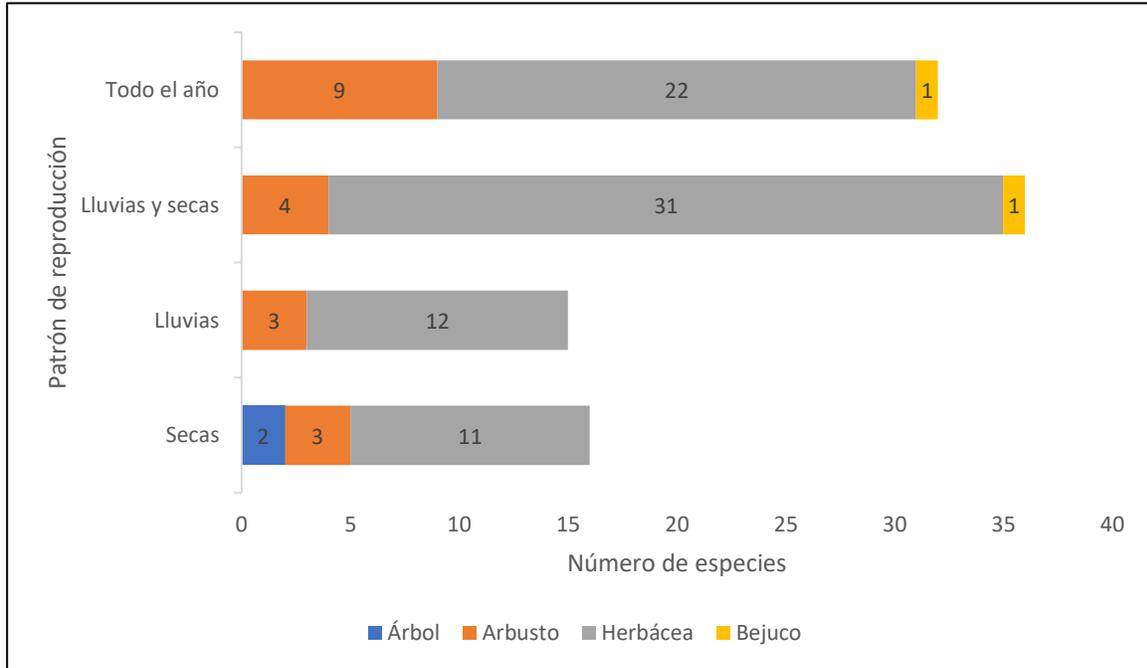


Figura 14. Formas de crecimiento de las especies que conforman los diferentes patrones de floración para la UA1.

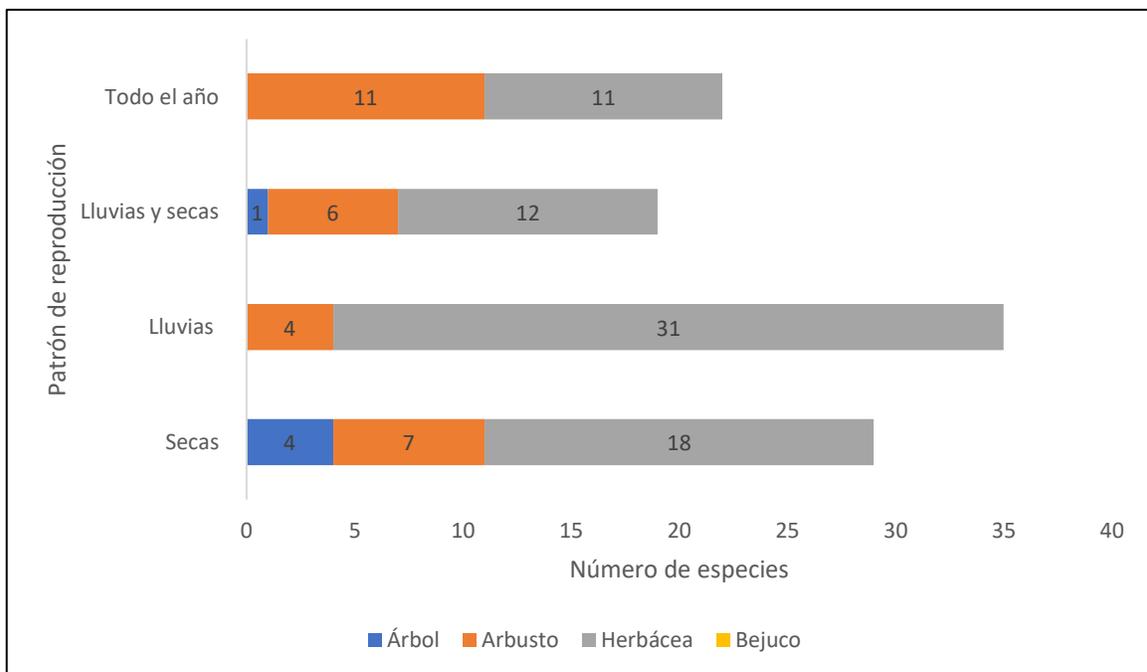


Figura 15. Formas de crecimiento de las especies que conforman los diferentes patrones de floración para la UA2.

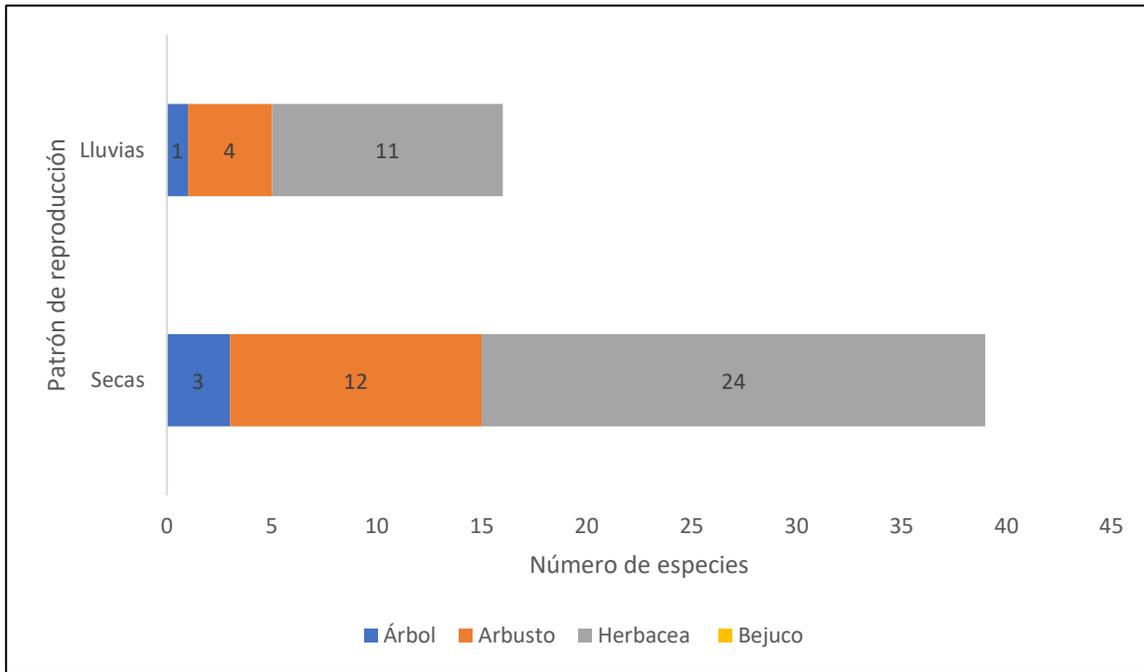


Figura 16. Formas de crecimiento de las especies que conforman los diferentes patrones de fructificación para la UA1.

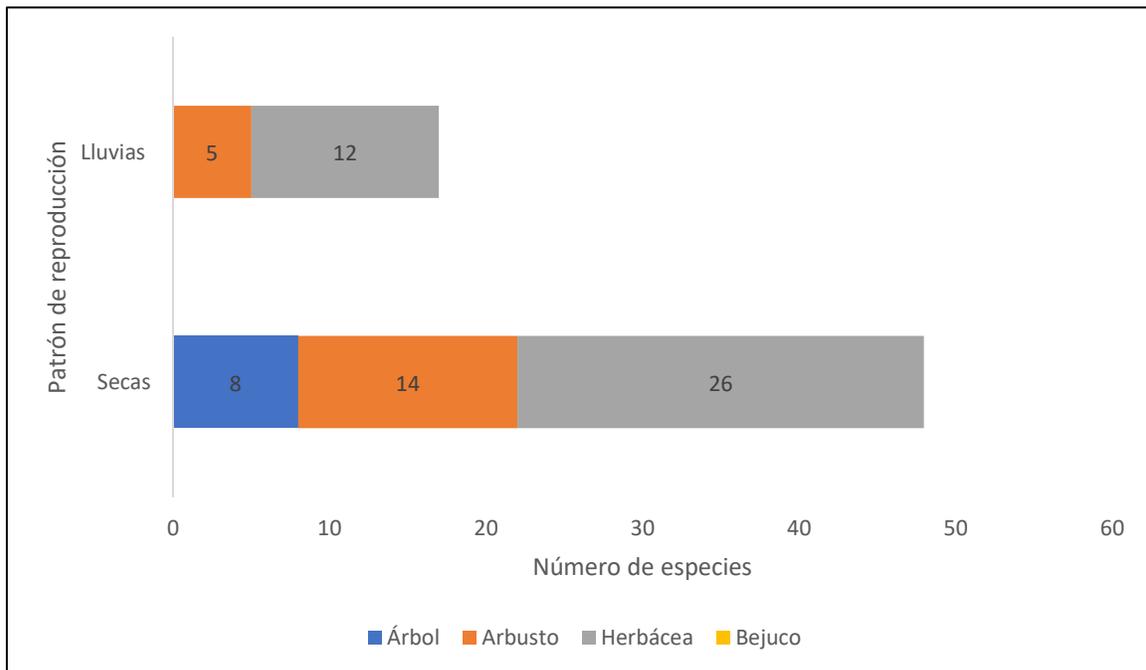


Figura 17. Formas de crecimiento de las especies que conforman los diferentes patrones de fructificación para la UA2.

Apéndice 3. Síndromes de dispersión de las especies en ambas temporadas y unidades.

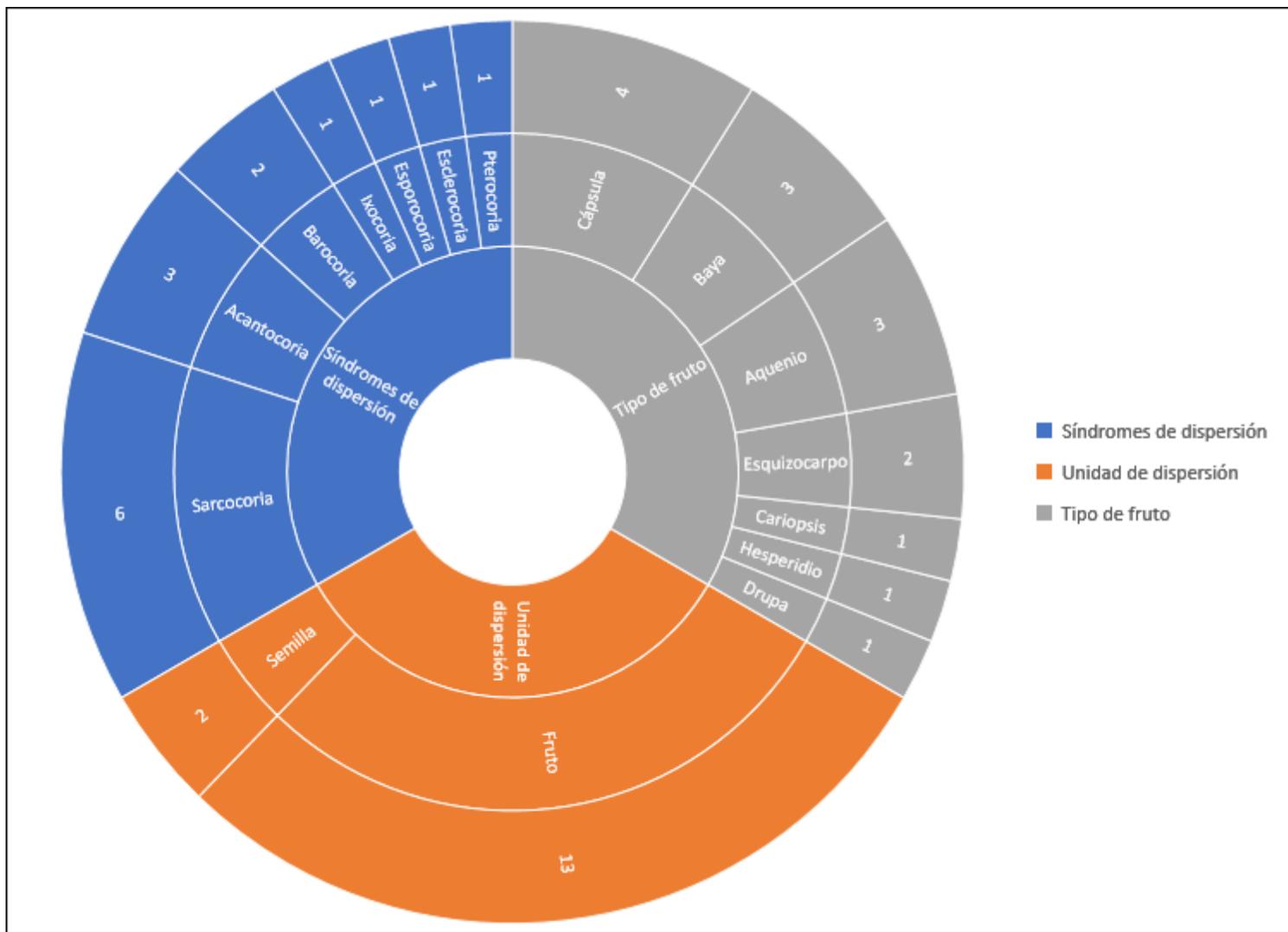


Figura 18. Síndrome de dispersión, unidad de dispersión y tipo de fruto de las especies de la UA1 en temporada de lluvias.

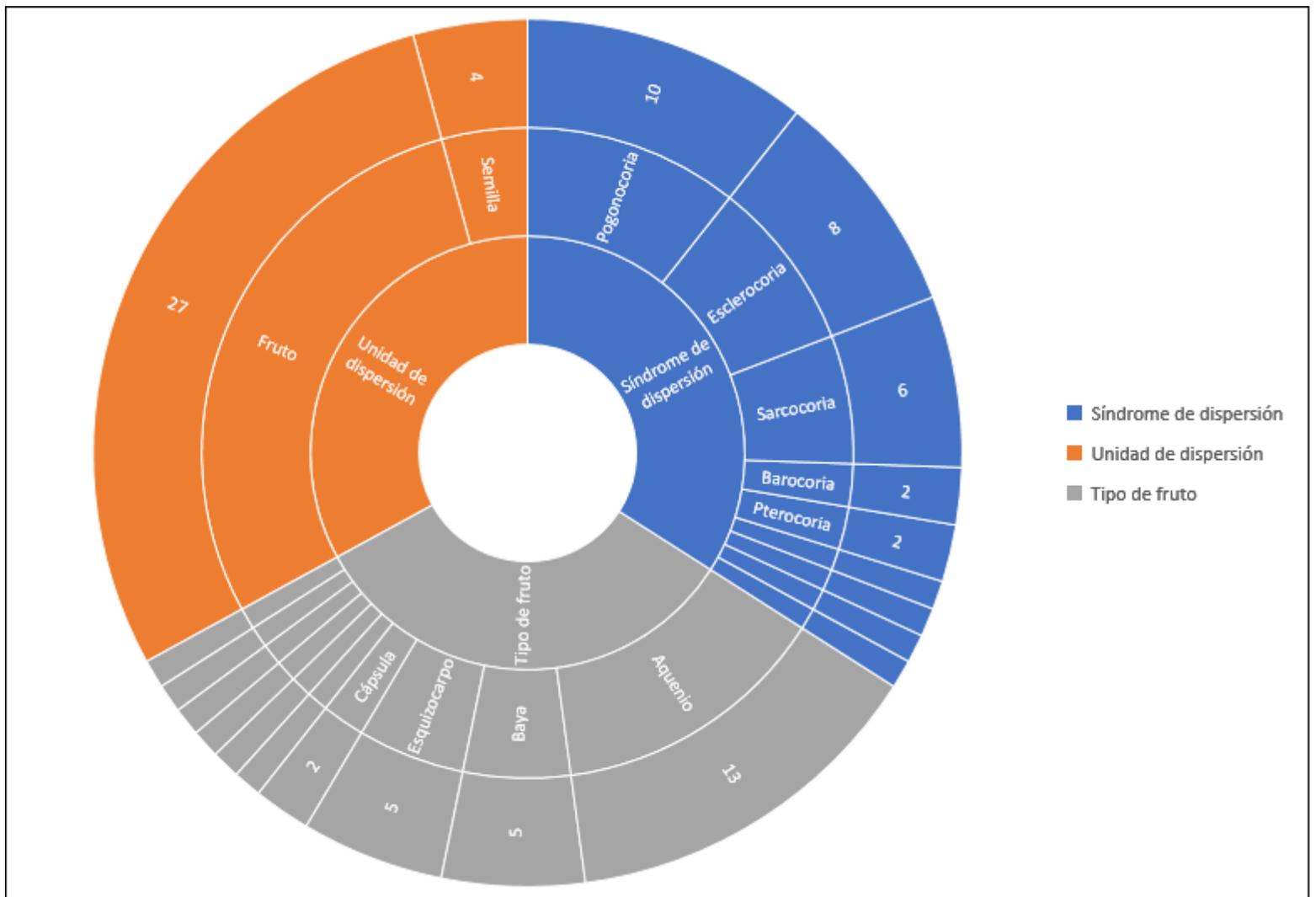


Figura 19. Síndrome de dispersión, unidad de dispersión y tipo de fruto de las especies de la UA1 en temporada de secas.

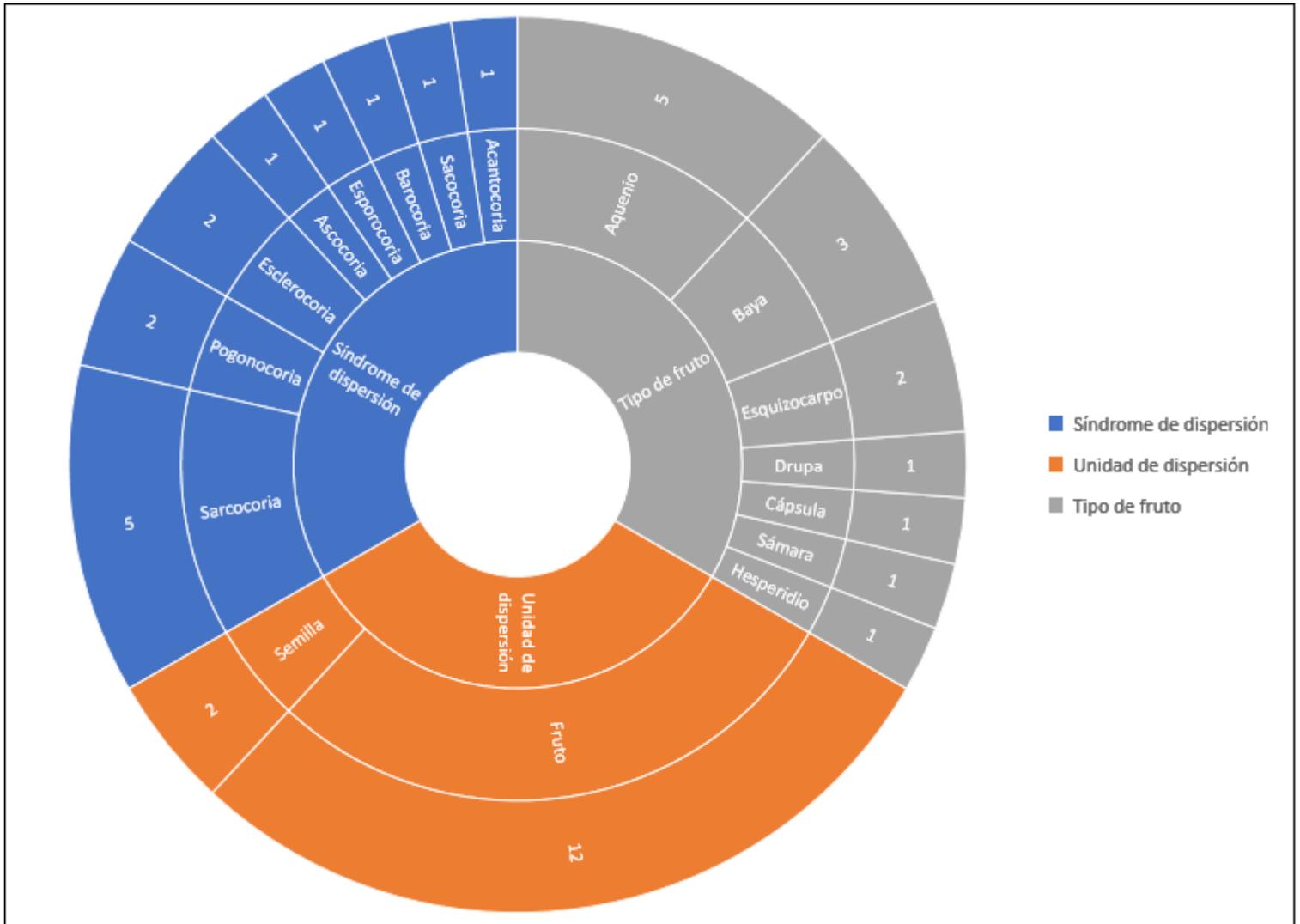


Figura 20. Síndrome de dispersión, unidad de dispersión y tipo de fruto de las especies de la UA2 en temporada de lluvias.

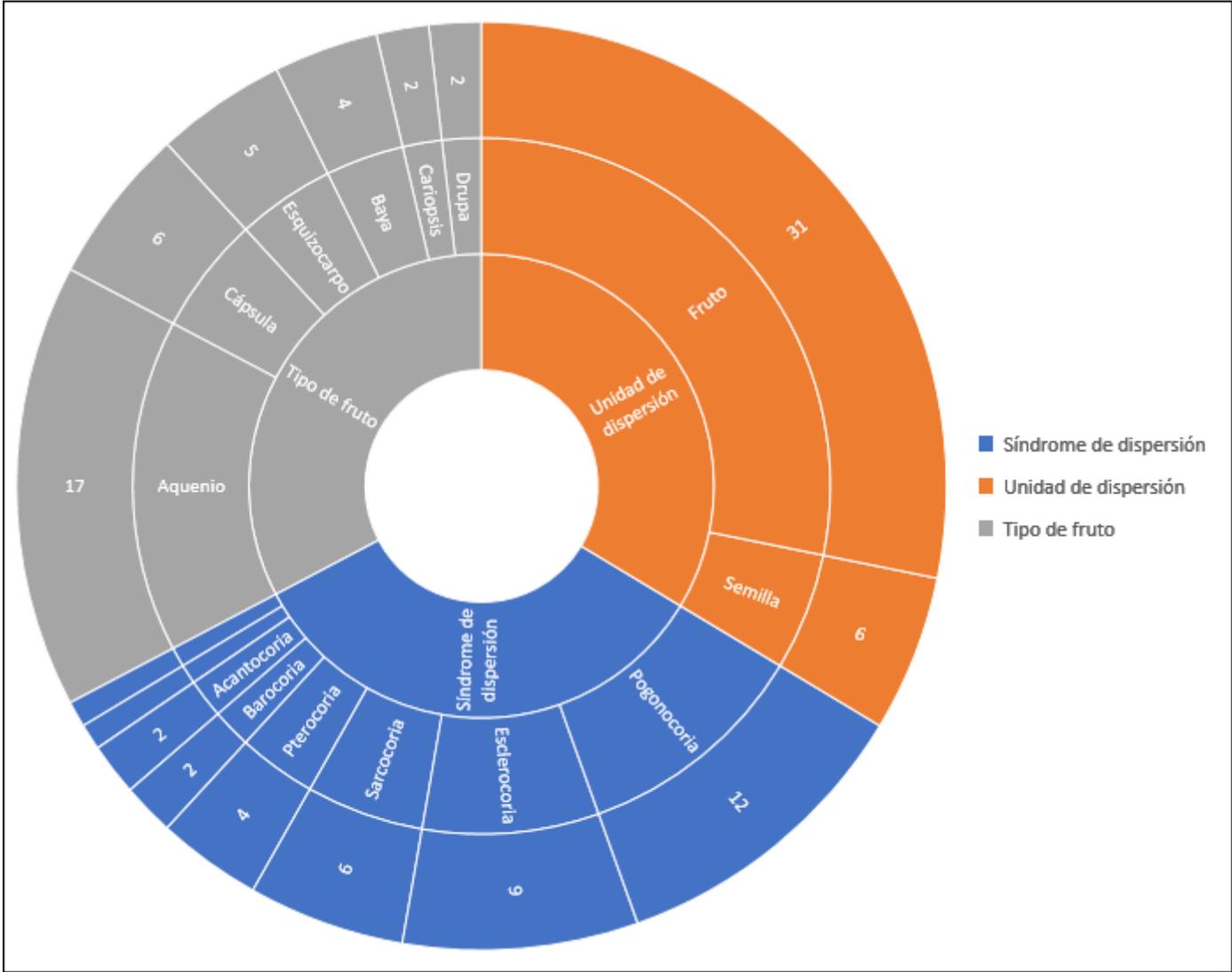


Figura 21. Síndrome de dispersión, unidad de dispersión y tipo de fruto de las especies de la UA2 en temporada de secas.

Apéndice 4. Humedad relativa y porcentaje de humedad del suelo en ambas unidades.

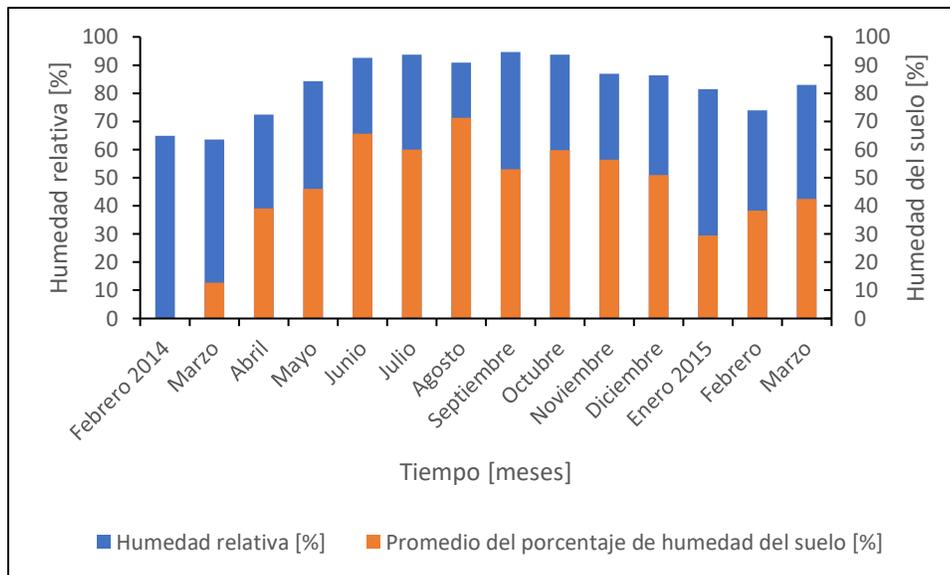


Figura 22. Humedad relativa y porcentaje de humedad del suelo en la UA1.

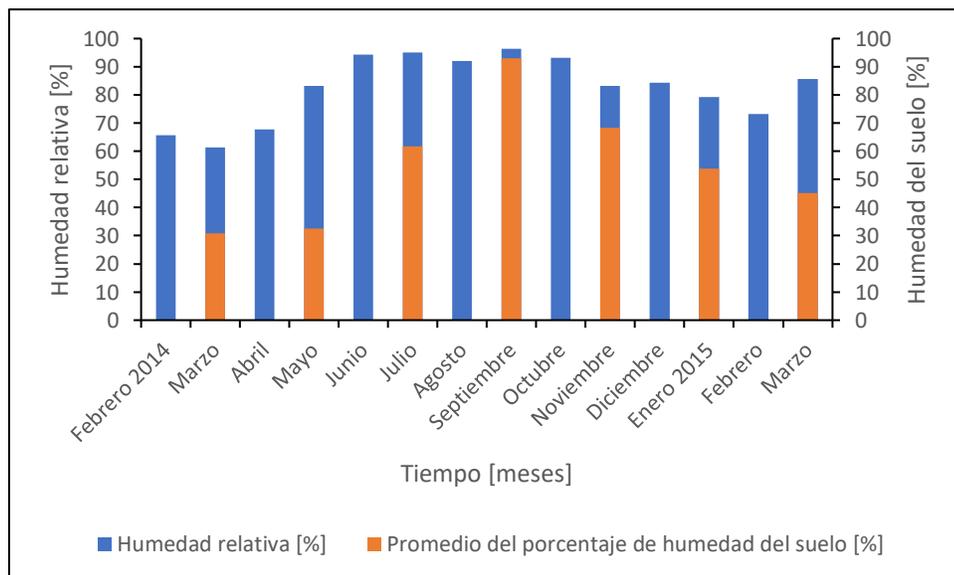


Figura 23. Humedad relativa y porcentaje de humedad del suelo en la UA2.

Apéndice 5. Tabla de las especies registradas en este estudio.

Tabla 1. Listado de las especies encontradas en la comunidad de encino en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México.

Familia	Nombre científico	Forma de crecimiento Árbol, arbusto, bejuco o herbácea	Estatus biogeográfico Nativa o introducida	Patrones fenológicos			
				Floración		Fructificación	
				UA1	UA2	UA1	UA2
Adoxaceae	<i>Viburnum stenocalyx</i> (Oerst.) Hemsl.	Árbol	Nativa		S	S	S
Amaranthaceae	<i>Iresine ajuscana</i> Suess. y Beyerle	Arbusto	Nativa	T	S	S	
	<i>Iresine diffusa</i> Humb. y Bonpl. ex Willd.	Herbácea	Nativa	T	T	S	
	4 <i>Iresine</i> sp.			T	S		S
	104 <i>Iresine</i> sp.			LS			
Apiaceae	<i>Arracacia</i> sp.				L		
	<i>Donnellsmithia juncea</i> (Humb. & Bonpl. ex Spreng.) Mathias & Constance	Herbácea	Nativa	T	L	L	L
Apocynaceae	<i>Gonolobus uniflorus</i> Kunth	Bejuco	Nativa	LS			
	<i>Vinca major</i> L.	Herbácea	Introducida	L			
Aquifoliaceae	<i>Ilex toluhana</i> Hemsl.	Árbol			S		S
Araliaceae	<i>Hedera helix</i> Lowe	Bejuco	Introducida	T			
Asteraceae	<i>Acourtia</i> sp.				S		S
	<i>Acourtia turbinata</i> (Lex.) DC.	Herbácea	Nativa	T			
	<i>Ageratina glabrata</i> (Kunth) RM King y H. Rob.	Arbusto	Nativa		S	S	S
	18 <i>Ageratina</i> sp.			T			
	<i>Ageratina</i> sp.				S		S
	<i>Archibaccharis asperifolia</i> (Benth.) SF Blake	Arbusto	Nativa	L	LS		
	<i>Archibaccharis hirtella</i> (DC.) Heering	Herbácea	Nativa	LS	T	S	S
	<i>Archibaccharis serratifolia</i> (Kunth) SF Blake	Arbusto	Nativa	S		S	
	180 <i>Archibaccharis</i> sp.				L		

49	<i>Archibaccharis</i> sp.				S		S
	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Arbusto	Nativa		LS		S
	<i>Baccharis pteronioides</i> DC.	Arbusto	Nativa		S		S
	<i>Baccharis serratifolia</i> Kunth	Arbusto subarbusto	Nativa		LS		L
	<i>Baccharis sordescens</i> DC.	Arbusto	Nativa		LS		
	<i>Baccharis</i> sp.				LS		
	<i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff	Herbácea	Nativa	LS	L	S	
	<i>Bidens odorata</i> Cav.	Herbácea	Nativa	LS	T	L	S
121	<i>Bidens</i> sp.				L		
167	<i>Bidens</i> sp.				LS		L
	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	Herbácea	Nativa		S		
	<i>Brickellia pendula</i> (Schrad.) A. Gray	Arbusto	Nativa	S		S	
	<i>Brickellia secundiflora</i> (Lag.) A. Gray	Arbusto	Nativa			S	
	<i>Chrysanthemum maximum</i> Ramond	Herbácea	Introducida	LS			
	<i>Cirsium</i> sp.			S	LS	S	
	<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Herbácea	Nativa		L		
	<i>Cosmos diversifolius</i> Otto ex Knowles & Westc.	Herbácea	Nativa				S
	<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	Herbácea	Nativa		L		
82	<i>Eupatorium</i> sp.			T		S	S
1	<i>Eupatorium</i> sp.			T	S	S	S
19	<i>Eupatorium</i> sp.			T			
30	<i>Eupatorium</i> sp.				S		
33	<i>Eupatorium</i> sp.			S	S	S	S
35	<i>Eupatorium</i> sp.			S	S	S	S
47	<i>Eupatorium</i> sp.			S			
61	<i>Eupatorium</i> sp.			T		S	S
79	<i>Eupatorium</i> sp.						S
34	<i>Eupatorium</i> sp.					S	
	<i>Galinsoga</i> sp.				S		

	<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	Herbácea	Nativa	LS		S	
	<i>Gnaphalium</i> sp.			L			
	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	Herbácea	Introducida	LS			
	<i>Lasianthaea</i> sp.			T			
	<i>Montanoa frutescens</i> Mairet ex DC.	Arbusto	Nativa	L	T	S	S
	<i>Montanoa</i> sp.			LS	L	L	L
	<i>Piqueria pilosa</i> Kunth	Herbácea	Nativa	LS	T	S	S
	<i>Senecio angulifolius</i> DC.	Arbusto	Nativa	LS	T	S	S
	<i>Senecio barba-johannis</i> DC.	Arbusto	Nativa	T	T	S	S
	<i>Senecio sanguisorbae</i> DC.	Herbácea	Nativa	LS	L		
	<i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth	Herbácea	Nativa	LS	LS	L	S
	<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers.	Herbácea	Nativa		L		
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Herbácea	Introducida	L	LS		S
	<i>Stevia monardifolia</i> Kunth	Herbácea	Nativa	T	T	S	S
	<i>Stevia</i> sp.						S
	<i>Stevia subpubescens</i> Lag.	Arbusto	Nativa		L		L
	<i>Tagetes foetidissima</i> DC.	Herbácea	Nativa	LS	L		
	<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	Herbácea	Introducida	S			
	<i>Taraxacum officinale</i> FH Wigg.	Herbácea	Introducida		LS		
	<i>Verbesina oncophora</i> BL Rob. & Seaton	Arbusto	Nativa	T	LS	S	S
	<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Arbusto	Nativa	S	T		S
Begoniaceae	<i>Begonia gracilis</i> Kunth	Herbácea	Nativa	LS		L	
Boraginaceae	<i>Hackelia mexicana</i> (Schltdl. & Cham.) IM Johnst.	Herbácea	Nativa	T			
	<i>Myosotis sylvatica</i> Ehrh. ex Hoffm.	Herbácea	Introducida	LS	L		
Campanulaceae	<i>Diastatea micrantha</i> (Kunth) McVaugh	Herbácea	Nativa	LS			
Caprifoliaceae	<i>Lonicera pilosa</i> (Kunth) Spreng.	Arbusto	Nativa	LS	L		
	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	Arbusto	Nativa		L		L
	<i>Valeriana clematitidis</i> Kunth	Herbácea	Nativa		T		S
	<i>Valeriana</i> sp.				L		L

Caryophyllaceae	<i>Cerastium nutans</i> Raf.	Herbácea	Nativa	LS	L		
	<i>Drymaria</i> sp.			T			
	<i>Stellaria cuspidata</i> Willd. ex D.F.K. Schltldl.	Herbácea	Nativa	LS			
Cistaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i> (Lag.) Lag.	Herbácea	Nativa		S		
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	Árbol	Nativa		LS		
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Herbácea	Nativa	LS			
Cornaceae	<i>Cornus excelsa</i> Kunt	Árbol	Nativa		S		S
Crassulaceae	<i>Altamiranoa mexicana</i> (Schltldl.) Rose	Herbácea	Nativa		L		
	<i>Sedum bourgaei</i> Hemsl.	Arbusto subarbusto	Nativa		S		
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.			L	L		
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Árbol	Nativa	S		S	
	<i>Monotropa uniflora</i> L.	Herbácea	Nativa	T	LS		
Fabaceae	<i>Desmodium aparines</i> (Link) DC.	Herbácea	Nativa	LS			
	<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth.	Herbácea	Nativa	LS	L	S	
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Herbácea	Nativa		LS		
	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	Herbácea	Nativa		L		
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	Árbol	Nativa		S		S
Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i> Hartw. ex Benth.	Árbol	Nativa				S
Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	Herbácea	Nativa	L	L	L	L
Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i> Humb. y Bonpl. ex Roem. y Schult.	Arbusto	Nativa		S		
Hydrangeaceae	<i>Philadelphus mexicanus</i> Schltldl.	Arbusto	Nativa		L		
Iridaceae	<i>Sisyrinchium</i> sp.				L		
Lamiaceae	<i>Lepechinia schiedeana</i> (Schltldl.) Vatke	Herbácea	Nativa		L		
	<i>Prunella vulgaris</i> L.	Herbácea	Nativa		L		
	<i>Salvia elegans</i> Vahl	Herbácea	Nativa	T	T	S	S
	<i>Salvia fulgens</i> Cav.	Arbusto	Nativa		LS		S
	<i>Salvia gesneriflora</i> Lindl. y Paxton	Arbusto	Nativa		T	S	S
	<i>Salvia lavanduloides</i> Kunth	Herbácea	Nativa				S
	<i>Salvia mexicana</i> L.	Herbácea	Nativa	T	T	S	S

	<i>Salvia microphylla</i> Kunth	Herbácea	Nativa	T	LS		
	<i>Salvia polystachya</i> M. Martens y Galeotti	Herbácea	Nativa		L		
	<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	Herbácea	Nativa	LS	T	S	S
	<i>Satureja macrostema</i> (Moc. & Sessé ex Benth.) Briq.	Arbusto	Nativa	T			
	<i>Stachys coccinea</i> Ortega	Herbácea	Nativa	LS	L	S	
Linaceae	<i>Linum orizabae</i> Planch.	Herbácea	Nativa		L		
Lythraceae	<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	Herbácea	Nativa		T		
Onagraceae	<i>Fuchsia microphylla</i> Kunth	Arbusto	Nativa	L	T		S
	<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	Herbácea	Nativa	LS		L	
	<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton	Herbácea	Nativa	LS	S		
Orchidaceae	<i>Corallorrhiza maculata</i> (Raf.) Raf.	Herbácea	Nativa	LS			
Orobanchaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	Arbusto	Nativa	LS	S		S
	<i>Conopholis alpina</i> Liebm.	Herbácea	Nativa	T	S	L	S
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> sp.				S		
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Herbácea	Nativa	S		S	
Piperaceae	<i>Peperomia campylotrapa</i> A.W. Hill	Herbácea	Nativa	L	L		
	<i>Peperomia galioides</i> Kunth	Herbácea	Nativa	LS	S	S	L
Plantaginaceae	<i>Bacopa monnieri</i> (L.) Wettst.	Herbácea	Nativa	L			
	<i>Digitalis purpurea</i> L.	Herbácea	Introducida	S		S	
	<i>Penstemon</i> sp.			L			
	<i>Plantago major</i> L.	Herbácea	Introducida	L			
Poaceae	<i>Bromus carinatus</i> Hook. Y Arn.	Herbácea	Nativa	L			
	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Herbácea	Introducida	LS	L	L	
	<i>Bromus</i> sp.				L		
	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	Herbácea	Nativa				S
	<i>Trisetum virletii</i> E. Fourn.	Herbácea	Nativa	T	L	S	S
Polygalaceae	<i>Monnina ciliolata</i> Sessé y Moc. ex DC	Arbusto	Nativa	LS	T	S	L
Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Herbácea	Introducida	T	LS		L
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Herbácea	Introducida	S			

Ranunculaceae	<i>Clematis dioica</i> L.	Arbusto	Nativa		S		S
Rhamnaceae	<i>Ceanothus coeruleus</i> Lag.	Arbusto	Nativa	T	T	S	S
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i> L.	Arbusto	Nativa	T	T	L	L
	<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	Herbácea	Nativa	L	LS		L
	<i>Fragaria mexicana</i> Schltld.	Herbácea	Nativa	T	S	L	L
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Árbol	Nativa	S	S	L	
	<i>Rubus liebmannii</i> Focke	Arbusto	Nativa	T			
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltld.	Herbácea	Nativa	LS		PL	
	<i>Crusea longiflora</i> (Roem. & Schult.) W.R. Anderson	Herbácea	Nativa	L			
	<i>Didymaea floribunda</i> Rzed.	Herbácea	Nativa	LS			
	<i>Galium uncinulatum</i> DC.	Herbácea	Nativa	LS			
	<i>Sherardia arvensis</i> L.	Herbácea	Introducida		L		
Salicaceae	<i>Salix paradoxa</i> Kunth	Árbol	Nativa				S
Saxifragaceae	<i>Heuchera orizabensis</i> Hemsl.	Herbácea	Nativa		LS		L
Scrophulariaceae	<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Árbol	Nativa			S	S
	<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	Árbol	Nativa				S
Smilacaceae	<i>Smilax moranensis</i> M. Martens y Galeotti	Herbácea	Nativa	T	S	L	L
Solanaceae	<i>Cestrum anagyris</i> Dunal	Arbusto	Nativa	T	T	L	
	<i>Nectouxia formosa</i> Kunth	Herbácea	Nativa	S			
	<i>Physalis</i> sp.			S			
	<i>Solanum appendiculatum</i> Dunal	Bejuco	Nativa	S		S	
	<i>Solanum cervantesii</i> Lag.	Arbusto	Nativa	T	T	L	L
	<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens y Galeotti	Herbácea	Nativa	LS	T	S	
Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i> L.	Herbácea	Nativa		L		