



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

FENOLOGÍA DE MARIPOSAS DIURNAS DE LA RESERVA DEL
PEDREGAL DE SAN ÁNGEL, D. F. Y SU RELACIÓN CON LA
FENOLOGÍA FLORAL Y OTROS FACTORES AMBIENTALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

REYNA LETICIA MOYERS ARÉVALO



TUTOR: DR. ZENÓN CANO SANTANA

2009



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.

Hoja de Datos del Jurado

<p>1. Datos del alumno Moyers Arévalo Reyna Leticia 53 97 32 71 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Biología 40105148-5</p>
<p>2. Datos del tutor Dr. Zenón Cano Santana</p>
<p>3. Datos del sinodal 1 Dr. Jorge Arturo Meave Del Castillo</p>
<p>4. Datos del sinodal 2 M. en C. Moisés Armando Luis Martínez</p>
<p>5. Datos del sinodal 3 Dr. Antonio Lot Helgueras</p>
<p>6. Datos del sinodal 4 Dr. Carlos Rafael Cordero Macedo</p>
<p>7. Datos del trabajo escrito Fenología de mariposas diurnas de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. y su relación con la fenología floral y otros factores ambientales 54 p 2009</p>

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a los miembros del jurado que revisaron esta tesis. Con sus comentarios no sólo logre pulir este trabajo, sino que pude aprender mucho más de las mariposas, de la biología y del Pedregal. Gracias a Jorge Meave, por tanta dedicación y atención en la revisión, por enseñarme que siempre existe la manera idónea para expresar las ideas. A Armando Luis, por todo su tiempo y esfuerzo invertidos, por compartirme un poco de su gran amor por las mariposas y por hacerme revalorar mi trabajo. Al Dr. Antonio Lot, por todo el apoyo y la confianza que me ha brindado en este y en tantos otros proyectos pedregaleros. Al Dr. Carlos Cordero por su enorme disposición y valiosos comentarios. A Zenón Cano, por compartirme su amor por la biología y seducirme hasta este mundo del quehacer ecológico; por tanto tiempo, paciencia y tolerancia; por su enorme humildad, su generosidad y su eterna capacidad de asombro, que permiten sentirse, más que un alumno, un colega.

A la Biol. Yuriana Martínez Orea, por su ayuda para la identificación de los ejemplares de herbario, por sus comentarios y por tantos momentos divertidos durante el trabajo.

Al Biol. Marco A. Romero Romero, por su apoyo técnico en el mantenimiento del equipo de cómputo.

Al Sr. Adolfo Ibarra, por su ayuda en el montaje y la identificación de los ejemplares de mariposas.

A mis queridísimas amigas y colegas, Rebeca Velázquez López y Alejandra Domínguez Álvarez, gracias en primer lugar por estar conmigo incondicionalmente, por su colaboración en el trabajo de campo y en todo el desarrollo de la tesis. Fikita, gracias porque sin tu apoyo y el de tu familia no existiría este trabajo, gracias por ser tan generosa y extraordinaria. Tocaya, gracias por la complicidad, la hospitalidad, la diversión y por ser el hallazgo más importante de este proyecto.

A mi familia y a mis familias adoptivas que me brindaron todo el cariño y el apoyo que necesité para completar esta empresa.

A la UNAM por dejarme gozar de todo lo que resguarda, en especial de la Facultad de Ciencias y del Pedregal.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Fenología y estacionalidad	3
1.2. La fenología en insectos	4
1.3. Características biológicas de las mariposas	5
1.4. La fenología floral de la comunidad vegetal	8
1.5. Estudios en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel	8

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

11

III. MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio	12
3.2. Muestreos	13
3.3. Captura e identificación	15
3.4. Análisis de datos	16

IV. RESULTADOS

4.1. Composición de la comunidad de mariposas	17
4.2. Fenología de la comunidad de mariposas	22
4.3. Fenología de las principales especies de la Reserva	23
4.4. La comunidad vegetal de la Reserva	25
4.5. Relación de la fenología de mariposas con la fenología floral y otros factores ambientales	28

V. DISCUSIÓN	
5.1. Riqueza de la comunidad de mariposas	31
5.2. Fenología de la comunidad de mariposas	32
5.3. La comunidad vegetal de la Reserva	32
5.4. Relación de la fenología de mariposas con la fenología floral y otros factores ambientales	33
VI. CONCLUSIONES	37
VII. LITERATURA CITADA	38
VIII. APÉNDICES	
APÉNDICE 1	48
APÉNDICE 2	50

Moyers Arévalo, R.L. 2009. Fenología de mariposas diurnas de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. y su relación con la fenología floral y otros factores ambientales. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

RESUMEN

Uno de los atributos dinámicos más importantes en toda comunidad es su fenología, propiedad que se refiere al cambio estacional en la estructura y la composición de la misma. Es por eso que, a lo largo del año, muchas comunidades están compuestas de una progresión de distintas especies, cada una de las cuales se encuentra restringida temporalmente, debido, principalmente a las condiciones meteorológicas estacionales y a sus atributos de historia de vida. En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) que alberga una vegetación de tipo matorral xerófilo, hay una marcada estacionalidad climática que afecta a las comunidades del lugar. Este trabajo pretendió conocer la variación estacional de los atributos estructurales de la comunidad de mariposas diurnas de la REPSA, y los factores ambientales que la determinan. Para ello, se realizaron registros semanales de mariposas y especies vegetales no anemófilas en floración de octubre de 2005 a septiembre de 2006 en dos áreas de la reserva. Se encontraron 40 especies de mariposas pertenecientes a cinco familias, ocho de estas especies representaron 67.61% del total de registros, entre las que destacan *Leptophobia aripa*, *Leptotes marina* y *Nathalis iole*. La riqueza y la abundancia de mariposas registraron sus máximos valores en noviembre y diciembre, luego descendieron entre enero y mayo, y volvieron a incrementarse entre junio y septiembre. Se registraron 151

especies de plantas en floración pertenecientes a 46 familias, con patrones de floración contrastantes, de las que la mayoría (89 especies) de angiospermas florecieron exclusivamente durante la época de lluvias, mientras que sólo 11 lo hicieron en la de secas. Mediante un análisis de regresión múltiple por exclusión progresiva de factores, se determinó que los principales factores responsables de los patrones fenológicos en la comunidad son: (a) la humedad relativa, que afecta de manera positiva la riqueza de mariposas; (b) la precipitación, que afecta de manera negativa a su riqueza; (c) la riqueza de especies vegetales en floración, que afecta de manera positiva su abundancia, y (d) la temperatura, que afecta de manera negativa su abundancia. Se sugiere que en esta comunidad las mariposas requieren de tres condiciones para llevar a cabo sus actividades de vuelo: (1) bajos niveles de precipitación, lo cual reduce el riesgo de daño mecánico y asegura ciertos niveles de radiación solar, (2) alta variedad de plantas en floración para que las mariposas exploren diversos recursos, y (3) un ambiente templado que esté asociado con una alta humedad relativa y por lo tanto reducen el riesgo de deshidratación.

Palabras clave: comunidad, humedad relativa, matorral xerófilo, precipitación, temperatura

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Fenología y estacionalidad

Los cambios meteorológicos estacionales son un hecho cotidiano que se refleja en los patrones de actividad de los organismos, como es el caso de la floración y fructificación de una comunidad vegetal (Williams-Linera y Meave, 2002) o el inicio de la época reproductiva en las aves y otros animales (Wolda, 1988). En este sentido, las comunidades cambian a través del tiempo ya que sus poblaciones responden de distinta forma a las condiciones ambientales fluctuantes (Schowalter, 2000).

La fenología es la distribución temporal de un fenómeno biológico (Wolda, 1987, 1988) y su estudio muestra la relación entre las condiciones meteorológicas y los cambios periódicos en dichos fenómenos (Scott y Epstein, 1987). Estos últimos generan un patrón de cambio estacional de la estructura y composición de las comunidades (Valverde *et al.*, 2005). Los estudios fenológicos se llevan a cabo generalmente en plazos anuales, dado que las variaciones estacionales modifican la abundancia y la riqueza de especies (Cody y Diamond, 1975).

Generalmente los términos estacionalidad y fenología se utilizan de manera indistinta; sin embargo, para aclarar cada uno de estos conceptos Wolda (1987, 1988), puntualiza lo siguiente:

- a) Un fenómeno es estacional si éste, o su expresión máxima, suceden aproximadamente en la misma temporada cada año, de manera que puede ser predecible.
- b) La fenología de un fenómeno es la distribución temporal de éste.

- c) La estacionalidad de un fenómeno es el grado en que éste varía de manera predecible entre estaciones.

1.2. La fenología en insectos

1.2.1. *Dinámica de las comunidades de insectos.* Los insectos son animales pequeños y con ciclos de vida muy cortos lo que implica que el número y la duración de las generaciones por año puede ser variable (Shapiro, 1975). La comunidad de insectos de un lugar consta de una progresión estacional de distintas especies, en la que la presencia de cada especie suele estar limitada a un tiempo específico durante el año (Scott y Epstein, 1987). El análisis de esta comunidad a lo largo del tiempo reflejará la solución que cada una de las especies que la integran tiene ante las restricciones meteorológicas estacionales (Shapiro, 1975).

Hay fenómenos biológicos como la abundancia de adultos activos y la actividad reproductiva y de dispersión, que sólo se presentan en ciertos momentos del año, por lo que dan lugar a patrones estacionales (Wolda, 1988), que en ocasiones pueden ser explicados satisfactoriamente por las interacciones entre los organismos con las condiciones meteorológicas y las plantas hospederas (Shapiro, 1975). Muchas especies alcanzan su máximo de abundancia de adultos durante la estación húmeda en regiones tropicales, (Wolda y Roubik, 1986; Wolda, 1988, 1989) y durante la estación cálida en ecosistemas templados (Scott y Epstein, 1987), probablemente en respuesta a cambios en la fisiología y crecimiento de las plantas, particularmente por la abundancia de follaje nuevo y nutritivo (Shapiro, 1975; Wolda, 1988, 1989; Didham y Springate, 2003).

El comportamiento anual de cada una de las poblaciones de una comunidad de insectos difiere debido a factores que afectan su actividad. Éstos pueden estar determinados por algunos atributos de la historia de vida específicos, como el estado de desarrollo en que pasa las épocas ambientalmente desfavorables, la tasa de desarrollo desde las etapas inmaduras hasta el adulto y la longitud de cada fase del ciclo de vida (Scott y Epstein, 1987; Shapiro, 1975), de igual manera, influyen las condiciones variables en el medio, especialmente en el caso de la disponibilidad de alimento (Filip *et al.*, 1995) y las condiciones del hábitat (Harrison, 1994).

1.3. Características biológicas de las mariposas

1.3.1. *Características generales.* Las mariposas diurnas pertenecen al suborden Rhopalocera del orden Lepidoptera. Como todos los insectos, son organismos ectodermos. Además son holometábolos, por lo que su desarrollo es indirecto, de modo que presentan cuatro fases en su ciclo de vida: huevo, larva, pupa y adulto (Powell, 2003). Una de las fases con mayor relevancia ecológica es la de larva, ya que es en este periodo cuando las orugas incrementan su masa corporal al máximo posible y acumulan reservas para las fases subsecuentes del ciclo de vida (Singer, 1984). Por lo tanto, estos organismos son uno de los defoliadores principales de las comunidades vegetales (Stehr, 2003). Durante la fase de pupa, por su parte, se presenta un freno al crecimiento, evento que generalmente coincide con periodos de baja disponibilidad de recursos y condiciones ambientales desfavorables (Shapiro, 1975; Powell, 2003); la duración de esta fase del ciclo de vida suele estar

determinada principalmente por el fotoperiodo y la humedad atmosférica (Shapiro, 1975).

El periodo de vida de las mariposas generalmente es de entre siete y diez días (Scott y Epstein, 1987). Durante este tiempo su actividad principal es la búsqueda de pareja, el apareamiento y la oviposición (Chew y Robbins, 1984). A este respecto, en algunas poblaciones se presenta protandria (Scott y Epstein, 1987), que es cuando los machos emergen unos días antes que las hembras, lo que incrementa su probabilidad de obtener éxito reproductivo.

1.3.2. *Fenología*. De acuerdo con Scott y Epstein (1987), el patrón fenológico de una comunidad de mariposas depende de los factores que afectan su presencia y la duración del periodo de vuelo de cada especie, que en promedio es de un mes (Gilbert, 1984). Los cambios meteorológicos y de condiciones alimentarias durante la época de vuelo pueden aumentar o disminuir el tiempo de vida individual, truncando o ampliando la ventana temporal de este fenómeno. En este sentido, se sabe que factores como la lluvia generalmente restringen o suprimen la actividad de vuelo de las mariposas (Hamer *et al.*, 2005).

El inicio de la etapa de vuelo depende de tres factores (Scott y Epstein, 1987): (1) la etapa de desarrollo en que se da la hibernación, que es un carácter prefijado y común a nivel de familia, (2) la tasa de desarrollo desde la fase de hibernación hasta la emergencia del adulto, que está determinada genética y ambientalmente, sobre todo por la temperatura, y (3) la longevidad del adulto. En este último caso, mientras más viva el adulto, más prolongada será su presencia en la comunidad. Se sabe que la disponibilidad de azúcares

en la dieta de las hembras determina en gran medida la longevidad de las mariposas y el número de puestas (Boggs y Ross, 1993).

Hay otros factores que afectan la duración del periodo de vuelo a nivel de una población, como son la sincronía y la asincronía en la emergencia de adultos y las diferencias microclimáticas entre distintos puntos del hábitat, lo cual puede generar subgrupos de mariposas con diferentes fechas de emergencia (Scott y Epstein, 1987). Asimismo, la distribución temporal de las poblaciones que componen una comunidad de mariposas depende del número de generaciones que cada una de ellas presente en el año (es decir, si son univoltinas o multivoltinas) (Scott, 1986).

1.3.3. *Interacciones ecológicas con la comunidad vegetal.* Los lepidópteros están considerados como uno de los grupos de insectos mejor adaptados a la vida sobre la vegetación (Singer, 1984). Durante el estado larval se alimentan exclusivamente de follaje fresco (Stehr, 2003), por lo que la elección del sitio de oviposición por parte de los adultos es determinante para la supervivencia de las larvas (Powell, 2003). Como adultos, la mayoría de los lepidópteros se alimentan exclusivamente de líquidos (Proctor *et al.*, 1996), siendo el néctar el más importante (Barth, 1991; Proctor *et al.*, 1996), por lo que su emergencia muestra una coincidencia temporal con periodos de alta disponibilidad de alimento (Shapiro, 1975), aunque también es importante que haya condiciones adecuadas de temperatura y humedad (Shapiro, 1975).

La estructura de una comunidad de mariposas puede estar relacionada con la riqueza vegetal del lugar, la cual a su vez guarda una relación positiva con la heterogeneidad ambiental (Gilbert y Smiley, 1978). Estas comunidades están afectadas profundamente por la variación estacional del ambiente, por lo

que la presencia de las distintas poblaciones de mariposas suele estar limitada a una época del año, lo cual puede presentarse a los cambios en la fisiología y crecimiento de las plantas, particularmente por la abundancia de follaje nuevo y nutritivo (Shapiro, 1975; Wolda, 1988, 1989; Didham y Springate, 2003).

1.4. La fenología floral de la comunidad vegetal

Los principales factores que funcionan como señales para el inicio de la floración son el fotoperiodo, la temperatura y la precipitación (Ratchke y Lacey, 1985). Se ha sugerido que los patrones de floración de varias especies tropicales están intensamente correlacionados con la estacionalidad climática (Janzen, 1967; Ratchke y Lacey, 1985), siendo el principal factor inductor de la floración, la precipitación. Por otro lado, en zonas templadas y frías, la fenología vegetal se relaciona más con los cambios estacionales en la temperatura y el fotoperiodo (Ratchke y Lacey, 1985; Williams-Linera y Meave, 2002).

Los factores abióticos también pueden afectar la floración de manera indirecta, ya que influyen sobre los patrones de actividad de los polinizadores (Kevan y Baker, 1983). En el caso de los insectos polinizadores, encontramos que los principales factores que afectan su actividad son la luz, la temperatura y la humedad (Kevan y Baker, 1983), ya que su actividad está ligada a cambios en la temperatura ambiental porque son ectotermos (Sehna *et al.*, 2003).

1.5. Estudios en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

Este estudio se llevó a cabo en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (referida en lo sucesivo como REPSA, Reserva o

Reserva del Pedregal), localizada en el suroeste de la ciudad de México, dentro del campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Dicha zona fue seleccionada por poseer una alta diversidad biótica a pesar de estar localizada dentro de una megalópolis. Esta Reserva ha sido extensamente estudiada por los sectores académicos de la Universidad Nacional sobre todo desde el punto de vista biológico (Soberón *et al.*, 1991; Rojo, 1994; Castillo-Argüero *et al.*, 2007; Lot, 2007; Lot y Cano-Santana, en prensa). En términos generales, la Reserva tiene una diversidad biológica estimada de entre 1500 y 3000 especies (Soberón *et al.*, 1991).

1.5.1. Estudios de lepidópteros. Katthain-Ducheteau (1971) reportó 53 especies del suborden Rhopalocera dentro de lo que hoy constituye la Reserva de Pedregal de San Ángel; su trabajo presenta un listado detallado de algunas características taxonómicas por especie y los meses en que cada una fue recolectada. En el caso de algunas especies de las que se pudieron recolectar huevos y pupas, ella reporta la fecha en que se encontraron los organismos en dichos estados de desarrollo.

Se ha reportado que en este sistema biológico, los lepidópteros constituyen un grupo importante de polinizadores (Domínguez y Núñez-Farfán, 1994; Figueroa-Castro, 1997), siendo los principales insectos con actividad no diurna (Figueroa-Castro, 1997). Según el trabajo de Figueroa-Castro (1997), hay 21 especies de lepidópteros del suborden Rhopalocera que visitan con frecuencia cuatro especies vegetales abundantes del Pedregal de San Ángel: *Eupatorium petiolare*, *Dahlia coccinea*, *Tagetes lunulata* y *Verbesina virgata*.

1.5.2. Estudios de la comunidad vegetal. En el Pedregal se han realizado diversos estudios sobre la fenología de la comunidad vegetal: Meave *et al.*

(1994), Figueroa-Castro (1997) y César-García (2002), los cuales muestran que existe una marcada estacionalidad en la comunidad del Pedregal de San Ángel, pues el clima presenta un periodo con altos niveles de precipitación (de mayo a octubre) y otro periodo de sequía (de noviembre a abril). En general, el mayor número de especies en floración coincide con el incremento en precipitación y con valores altos de temperatura (Fig. 1), durante los meses de agosto a octubre, ya que esta actividad está afectada principalmente por la precipitación y de manera secundaria por la temperatura (César-García, 2002).

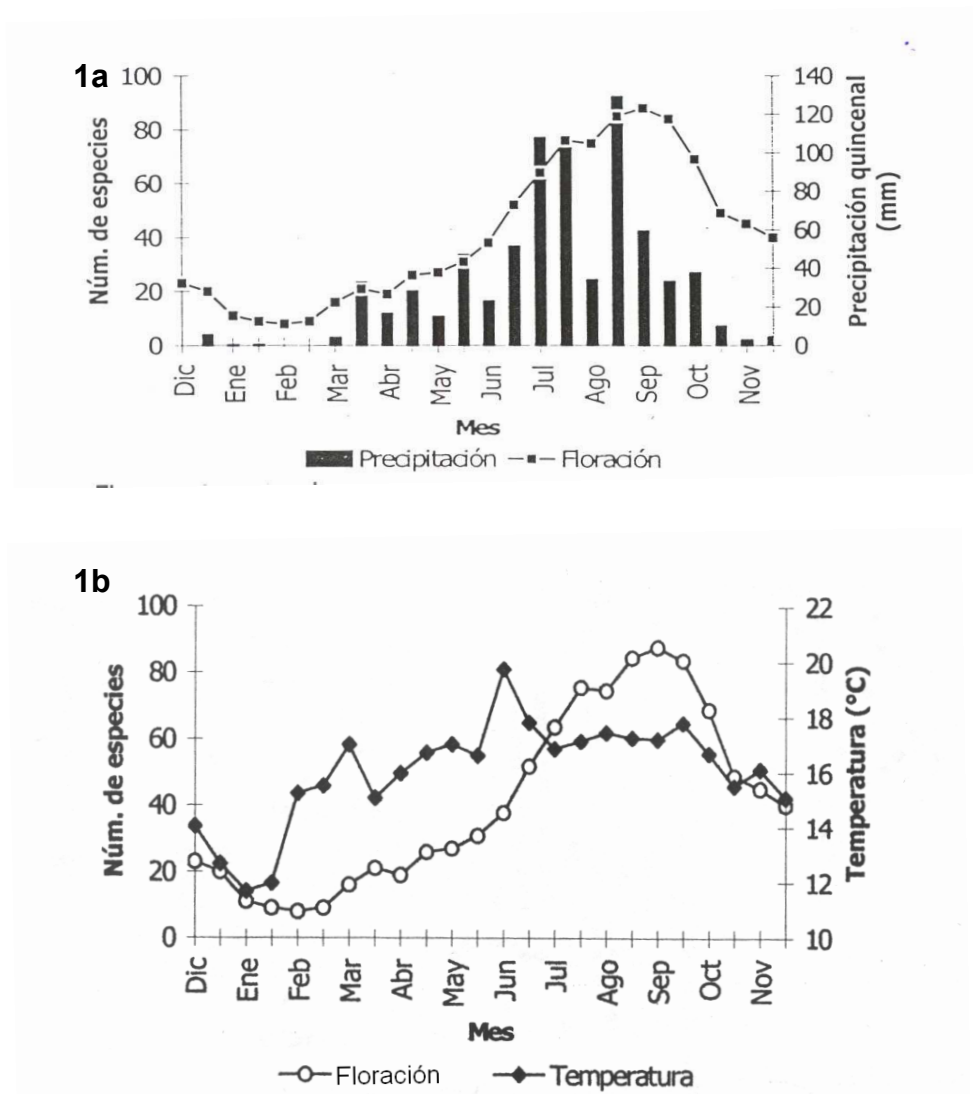


Figura 1. Relación entre la floración y las variables ambientales precipitación (1a) y temperatura (1b). Tomado de César-García (2002).

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Este trabajo pretendió conocer la variación estacional que presenta la comunidad de mariposas diurnas de la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA), en términos de su diversidad y abundancia.

Los objetivos particulares derivados del anterior fueron:

- a) Conocer la composición actual de la comunidad de mariposas diurnas de la REPSA.
- b) Determinar la relación entre la humedad, la temperatura y la precipitación, con la presencia de mariposas diurnas.
- c) Conocer las temporadas de vuelo de las especies más abundantes que componen la comunidad de estudio.
- d) Conocer la relación entre la estacionalidad de las mariposas y la de las plantas en floración en la REPSA.

Debido a que la presencia de mariposas en un sitio está determinada tanto por factores meteorológicos (como la temperatura y la humedad del aire), como por factores bióticos (como la disponibilidad de alimento, de sitios de oviposición y de pareja), se espera que el período de mayor abundancia de mariposas diurnas de la Reserva del Pedregal coincida con el momento de mayor disponibilidad de recursos florales, así como con períodos en los que las lluvias sean poco frecuentes y la temperatura relativamente elevada. Así, se esperaría que hubiera cierta correspondencia entre el patrón de floración de la comunidad (como el descrito por César-García, 2002) y los meses de mayor riqueza y abundancia de las mariposas, de manera que los valores máximos de estos atributos se presentarían entre los meses de septiembre a noviembre y los valores mínimos durante los meses secos, entre enero y marzo.

III. MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

El Pedregal de San Ángel se originó hace aproximadamente 1650 años, a causa de varias erupciones en la zona del Ajusco, entre ellas la del volcán Xitle (Siebe, 2000), que cubrieron una superficie aproximada de 80 km² en el suroeste del Valle de México (Álvarez *et al.*, 1982). Las zonas bajas de este derrame, como la fracción protegida en la REPSA, se encuentran dominadas por una comunidad vegetal del tipo matorral xerófilo (Rzedowski, 1954). Esta Reserva, que cubre un área de 237.3 ha (UNAM, 2005), está localizada en el suroeste de la ciudad de México, dentro de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (19°18'31" – 19°19'17" norte, 99°10'20" – 99°11'52" oeste), a una altitud que va de 2,200 a 2,277 m. La región goza de un clima templado subhúmedo, con un régimen de lluvias en verano [Cb(w₁)(w)] (García, 1988). La temperatura media anual es de 16.1°C, con variaciones extremas que van desde –6° hasta 34.6°C (Valiente-Baunet y De Luna, 1990) y con un promedio de 870.2 mm de lluvia al año (Soberón *et al.*, 1991). La precipitación se distribuye de manera diferencial, lo que permite distinguir claramente entre la época de lluvias, que inicia en mayo y alcanza su máximo en julio, y la época de secas, que va de noviembre a abril, cuando los niveles de precipitación se mantienen bajos (César-García, 2002).

La situación biogeográfica del Pedregal es compleja, ya que está ubicado entre las zonas Neártica y Neotropical (Rzedowski, 1954; Rojo, 1994), lo cual, aunado a la heterogeneidad microespacial generada por las diferencias topográficas del sustrato que lo constituye (Álvarez *et al.*, 1982; Valiente y De

Luna, 1990), han permitido el establecimiento de una gran cantidad de especies con diferentes requerimientos ambientales (Rzedowski, 1954; Álvarez *et al.*, 1982). Se estima que la flora está constituida por 337 especies de plantas, pertenecientes a 74 familias y 193 géneros (Castillo-Argüero *et al.*, 2004), entre las que dominan son *Verbesina virgata* y *Muhlenbergia robusta* (Cano-Santana, 1994).

3.2. Muestreos

3.2.1. *Sitios*. Se seleccionaron dos zonas dentro de la Reserva donde se llevaron a cabo los muestreos de este estudio:(i) la Zona Núcleo Oriente, ubicada entre el Espacio Escultórico y la Facultad de Ciencias, que cubre una superficie aproximada de 52 ha, y (ii) la Zona Núcleo Poniente, ubicada entre el Instituto de Biología, el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, y el Instituto de Investigaciones Biomédicas, la cual tiene un área aproximada de 94 ha. La principal barrera entre estas dos zonas la constituye la Avenida Insurgentes (Fig. 2). Cada zona fue visitada quincenalmente, durante 12 meses, de octubre de 2005 a septiembre de 2006.

3.2.2. *Esfuerzo*. Cada muestreo de recolecta fue cubierto generalmente por tres personas durante 6 h, entre las 10:00 y las 16:00, ya que este intervalo temporal ha sido reportado por Figueroa-Castro (1997) como el de mayor actividad de este grupo de insectos en la Reserva.

3.2.3 *Recorridos*. Se realizaron caminatas por los senderos y caminos abiertos de cada una de las zonas de estudio. Se abarcaron distancias aproximadas de 4 km en la Zona Núcleo Oriente y de 6 km en la Zona Núcleo Poniente.

3.2.4 *Mariposas*. Durante las caminatas por las zonas de estudio se capturaron las mariposas y en caso de tener capturas previas y tratarse de mariposas reconocibles a simple vista, sólo se registraron sus avistamientos.



Figura 2. Vista aérea de Ciudad Universitaria. Se muestran las zonas de estudio: Zona Núcleo Poniente (ZNP) y Zona Núcleo Oriente (ZNO).

3.2.5 *Plantas en floración*. Entre septiembre de 2005 y septiembre de 2006, se registraron las especies de plantas en floración presentes en dos parcelas de 4 x 100 m, cada una localizada dentro de una de las zonas núcleo estudiadas, así como las encontradas en los senderos de recolección de mariposas. En este caso, cualquier ejemplar no identificado se prensó para su posterior identificación. Se excluyeron de este estudio las plantas de la familia Poaceae y Cyperaceae por carecer de flores entomófilas.

3.2.6. *Variables meteorológicas*. Se obtuvieron los datos meteorológicos de precipitación acumulada mensual, de humedad relativa mensual y de temperatura mensual, correspondientes a todo el periodo de estudio de los registros de la estación meteorológica de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.

3.3. Captura e identificación

Las especies de mariposas que no eran reconocidas en el momento se recolectaban utilizando redes entomológicas aéreas y se colocaron en bolsas de papel glassine para luego sacrificarlas en una cámara letal con acetato de etilo. Posteriormente, se montaron y rotularon siguiendo las técnicas señaladas por Vanzolini (1985). Para la determinación de las mariposas se utilizaron claves y listas de Beutelspacher (1980), Llorente-Bousquets *et al.* (1997) y Luis-Martínez *et al.* (2003), además del apoyo de Adolfo Ibarra de la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología, UNAM. Los listados de las familias Nymphalidae, Lycaenidae, Pieridae y Papilionidae se hicieron de acuerdo con Llorente *et al.* (2006), mientras que la de la familia Hesperidae se hizo de acuerdo con Beutelspacher (1980).

Para el caso de las especies vegetales en floración, aquellas que no eran reconocidas en el campo fueron recolectadas y prensadas para su posterior identificación, siguiendo la nomenclatura de Castillo-Argüero *et al.* (2007).

3.4. Análisis de datos

Para estimar si existía un efecto del número de especies vegetales en floración, la temperatura media mensual, humedad relativa promedio mensual y la precipitación acumulada mensual sobre la riqueza y la abundancia de mariposas, se realizaron dos análisis de regresión múltiple por el método de eliminación progresiva de variables, utilizando el programa Statistica 7.0. Según Zar (1999), este análisis es el más indicado para variables correlacionadas entre sí, que es el caso de las que aquí se manejan.

IV. RESULTADOS

4.1. Composición de la comunidad de mariposas

Se registraron 40 especies de mariposas diurnas (Cuadro 1), en un total de 2877 avistamientos. Éstas se agrupan en cinco familias (Fig. 3), de las cuales, la que presentó mayor número de especies fue Nymphalidae, mientras que la que cuenta con el menor número de especies en esta comunidad fue la familia Papilionidae. Respecto a la frecuencia de avistamientos, la que presentó el mayor número fue la familia Pieridae, seguida por Nymphalidae, mientras que la de menor número fue la familia Hesperidae.

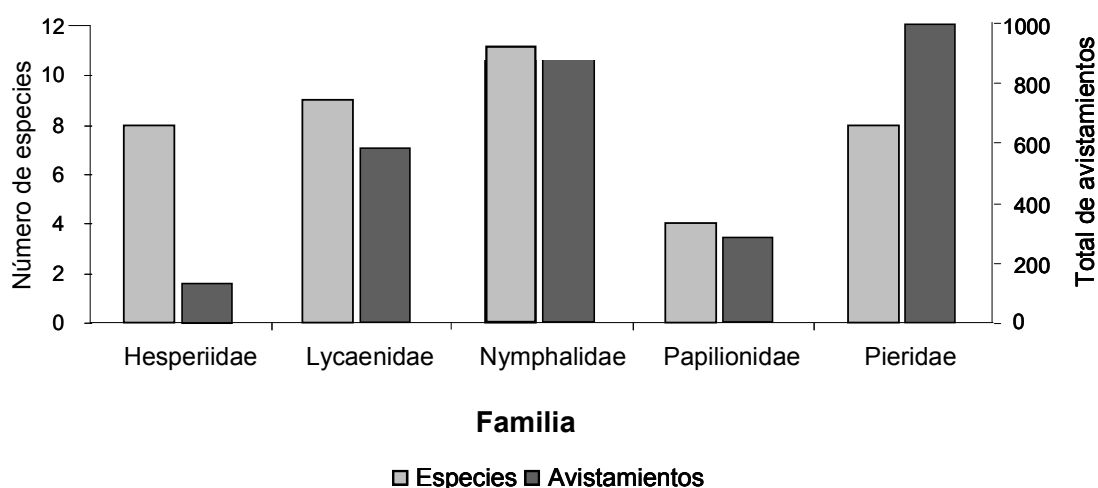


Figura 3. Número de especies de mariposas por familia encontradas en la Reserva del Pedregal, entre octubre de 2005 y septiembre de 2006.

Kattain-Duchetau (1971) encontró 53 especies de mariposas, a diferencia del presente trabajo donde se registraron 40 (Apéndice 1), de las cuales se comparten sólo 20 (Cuadro 2), entre las que están: *Leptophobia aripa*

elodia, *Leptotes marina*, *Nathalis iole*, *Pterourus multicaudata multicaudata*, *Agraulis vanillae incarnata* y *Celastina argiolus gozora*.

Debido a su frecuencia de avistamientos, se consideraron ocho especies abundantes, debido a que presentaron una abundancia relativa mayor a 4.5% de la comunidad (Cuadro 3), y en conjunto constituyeron 67.61% del total de registros, mientras que 32.39% restante lo conformaron 32 especies codominantes o raras. Las especies más abundantes estuvieron presentes durante una gran parte del año, o bien presentaron una gran cantidad de individuos durante una temporada corta del año. Sin embargo, la mayoría de las especies presentan pocos individuos y durante un tiempo restringido del año.

4.1.1. *Otros registros.* Se registró la presencia de al menos tres especies más de mariposas de las que se reportan en este trabajo. Sin embargo, no pudieron ser identificadas debido a que no fueron capturadas. Estas especies, probablemente pertenezcan a la familia Hesperiiidae, cuyas especies se caracterizan por volar muy rápidamente, con movimientos intempestivos (Betts y Wootton, 1988). Estas especies fueron observadas al inicio y hacia el final de la época húmeda, aunque no fueron incluidas en los análisis.

Cuadro 1. Lista de mariposas presentes la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México, D.F. y número de avistamientos entre octubre de 2005 y septiembre de 2006.

Familia / Especie	2005					2006						
	o	n	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s
HESPERIIDAE												
<i>Autochton cellus</i> (Boisduval & Le Conte, [1837])									2	18	1	
<i>Calpododes ethlius</i> (Stoll, 1782)			2									
<i>Chiomara georgina georgina</i> (Reakirt, 1868)								5	7	2	2	
<i>Polites</i> sp.												1
<i>Urbanus dorantes dorantes</i> (Stoll, 1790)	8	29	13	4								
<i>Urbanus proteus proteus</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	6									
<i>Polites subreticulata</i> (Plötz, 1883)												1
LYCAENIDAE												
<i>Calephelis peratalis perditalis</i> Barnes & McDunnough, 1918								4	8	2		
<i>Callophrys xami</i> (Reakirt, [1867])	7	9	7	15	15	12	16	6	14			
<i>Celastina argiolus gozora</i> (Boisduval, 1870)								21	42	35	33	5
<i>Cyanophrys</i> sp.		5	2									
<i>Electrostrymon sangala</i> (Hewitson, 1868)		2										
<i>Strymon</i> sp.			1									
<i>Echinargus isola</i> (Reakirt, [1867])	3	7	3									
<i>Aricia acmon</i> (Westwood, [1851])		5	2									
<i>Leptotes marina</i> (Reakirt, 1868)	24	66	79	27	17	4	2	4	9	2	32	31
NYMPHALIDAE												
<i>Agraulis vanillae incarnata</i> (Riley, 1926)	39	39	40							25	8	
<i>Chlosyne ehrenbergii</i> (Geyer, [1833])									1	1	2	1
<i>Anthanassa texana texana</i> (W.H. Edwards, 1863)	7	5	1					7	7	3		
<i>Chlosyne lacinia lacinia</i> (Geyer, 1837)			4	2	9	5	7	7	4			2
<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	2	6	2									
<i>Vanessa</i> sp.	2	4	10									
<i>Danaus plexippus plexippus</i> (Linnaeus, 1758)		1	3			3	3					
<i>Dione junio huascuma</i> (Reakirt, 1866)	8	45	56									
<i>Dione moneta poeyii</i> Butler, 1873	21	63	89					2	2	2	30	50
<i>Dryas iulia moderata</i> (Riley, 1926)			7	60	48	35	29	37	29	13	1	
<i>Dryadula phaetusa</i> (Linnaeus, 1758)	1											
PIERIDAE												
<i>Zerene cesonia cesonia</i> (Stoll, 1790)	11	20	27	17	2		1			1	4	20
<i>Colias eurytheme</i> Boisduval, 1852										6	3	10
<i>Leptophobia aripa elodia</i> (Boisduval, 1836)	28	34	67	25	9		4		17	24	44	67
<i>Nathalis iole</i> Boisduval, 1836	24	45	78	29	8	1			16	16	25	23
<i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer, 1779)	8	9	10	2			2	3	17	16	4	12
<i>Phoebis philea philea</i> (Linnaeus, 1763)	6	17	17	4	2			1	1	3	3	20
<i>Pontia protodice</i> (Boisduval & Leconte, [1830])	13	14	3	6	5	9	1	1			27	6
<i>Pieris rapae rapae</i> (Linnaeus, 1758)								8	30	9		
PAPILIONIDAE												
<i>Pterourus garamas garamas</i> (Geyer, [1829])	2	1						6	2	1	2	1
<i>Papilio polyxenes asterius</i> Stoll, 1782	2						2		2			1
<i>Parides photinus</i> (Doubleday, 1844)	1											
<i>Pterourus multicaudata multicaudata</i> (W.F. Kirby, 1884)	13	14	5	3	2	16	22	50	46	35	26	27
Total	231	443	534	194	117	85	89	162	265	226	249	282
Muestreos	4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4

Cuadro 2. Comparación entre las familias y el número de especies de mariposas reportadas por Katthain-Duchateau (1971) y las reportadas en el presente trabajo.

Familia	Total de especies		Especies compartidas
	Katthain-Duchateau, 1971	Moyers-Arévalo, 2009	
Papilionidae	4	4	3
Pieridae	11	8	6
Danaidae*	2	1	1
Satyridae	3	0	0
Libytheidae	1	0	0
Riodiniidae	2	0	0
Nymphalidae	10	10	4
Lycaenidae	5	9	4
Hesperiidae	15	8	2
Total	53	40	20

* Actualmente se considera a la familia Danaidae como subfamilia de Nymphalidae (Llorente *et al.*, 2006). Aquí se incluye con fines meramente comparativos.

Cuadro 3. Abundancia relativa de las especies de mariposas de La Reserva del Pedregal, entre octubre de 2005 y septiembre de 2006. Las más abundantes se señalan en negritas. $N = 2877$.

Especie	Total de avistamientos	Abundancia relativa
<i>Leptophobia aripa elodia</i>	319	0.1109
<i>Leptotes marina</i>	297	0.1032
<i>Nathalis iole</i>	265	0.0921
<i>Dione moneta poeyii</i>	259	0.0900
<i>Pterourus multicaudata multicaudata</i>	259	0.0900
<i>Dryas iulia moderata</i>	259	0.0900
<i>Agraulis vanillae incarnata</i>	151	0.0525
<i>Celastina argiolus gozora</i>	136	0.0473
<i>Dione junco huascuma</i>	109	0.0379
<i>Zerene cesonia cesonia</i>	103	0.0358
<i>Callophrys xami</i>	101	0.0351
<i>Pontia protodice</i>	85	0.0295
<i>Phoebis sennae marcellina</i>	83	0.0288
<i>Phoebis phileaphilea</i>	74	0.0257
<i>Urbanus dorantes dorantes</i>	54	0.0188
<i>Pieris rapae rapae</i>	47	0.0163
<i>Chlosyne lacinia lacinia</i>	40	0.0139
<i>Anthanassa texana</i>	30	0.0104
<i>Amblyscirtes fimbriata pallida</i>	26	0.0090
<i>Autochton cellus</i>	21	0.0073
<i>Colias eurytheme</i>	19	0.0066
<i>Chiomara georgina georgina</i>	17	0.0059
<i>Vanessa sp.</i>	16	0.0056
<i>Pterourus garamas garamas</i>	15	0.0052
<i>Calephelis peratalis perditalis</i>	14	0.0049
<i>Hechinargus isola</i>	13	0.0045
<i>Vanessa cardui</i>	10	0.0035
<i>Danaus plexippus plexippus</i>	10	0.0035
<i>Urbanus proteus proteus</i>	10	0.0035
<i>Cyanophrys sp.</i>	7	0.0024
<i>Aricia acmon acmon</i>	7	0.0024
<i>Papilio polyxenes asterius</i>	7	0.0024
<i>Chlosyne ehrenbergii</i>	5	0.0017
<i>Calpodetes ethlius</i>	2	0.0007
<i>Electrostrymon sangala Hewitson</i>	2	0.0007
<i>Strymon sp.</i>	1	0.0003
<i>Parides photinus</i>	1	0.0003
<i>Polites sp.</i>	1	0.0003
<i>Polites subreticulata</i>	1	0.0003
<i>Dryadula phaetusa</i>	1	0.0003

4.2. Fenología de la comunidad de mariposas

4.2.1. *Variación temporal de la riqueza.* La riqueza específica de la comunidad de mariposas de la Reserva se caracterizó por presentar un pico durante la época húmeda (Fig. 4). Los valores máximos de este atributo se registraron entre octubre y diciembre, siendo este último mes en el que se presentó el mayor número de especies de mariposas en vuelo; luego este número descendió descendiendo entre enero y marzo, periodo que corresponde con la temporada más seca, para luego volver a incrementarse entre junio y agosto.

4.2.2. *Variación temporal de la abundancia.* Con base en 2877 avistamientos, se observó que en la abundancia de la comunidad de mariposas presentó un pico marcado que se extendió de septiembre a diciembre (Fig. 5). Al igual que en la variación temporal de riqueza, diciembre fue el mes en el que se registró la mayor abundancia relativa. Después de este mes, se observó un importante descenso entre enero y abril, pero a partir de mayo se dio un incremento de esta variable que se sostuvo hasta agosto.

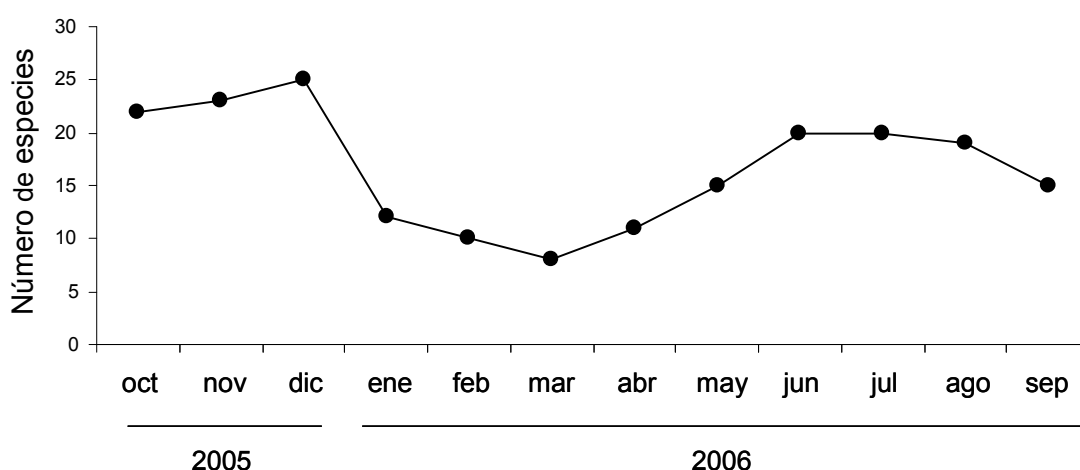


Figura 4. Variación temporal de la riqueza específica mensual de la comunidad de mariposas diurnas en la Reserva del Pedregal.

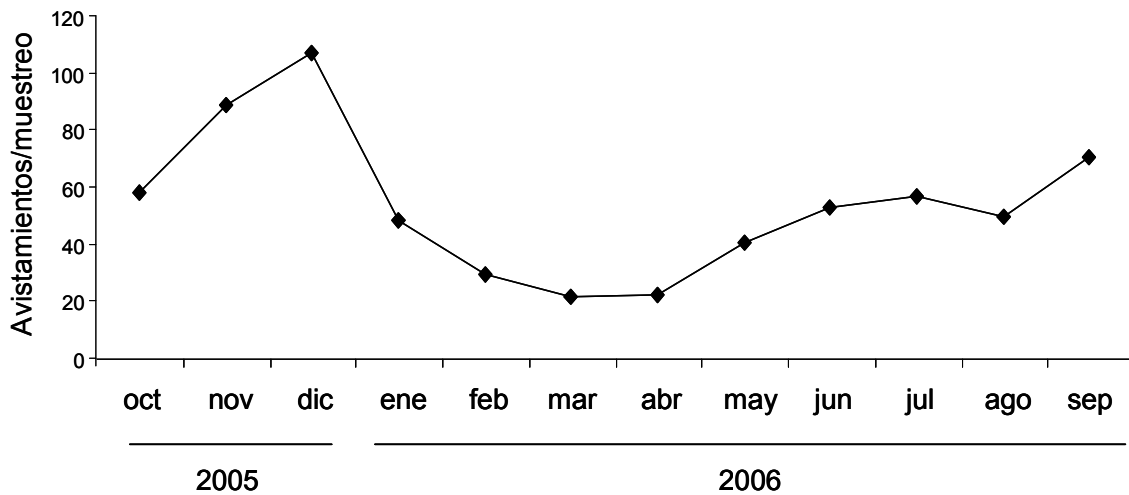


Figura 5. Variación temporal de la abundancia mensual de la comunidad de mariposas diurnas de la Reserva del Pedregal.

4.3. Fenología de las principales especies de la Reserva

Entre las ocho especies más abundantes de esta comunidad, se distinguieron tres patrones fenológicos:

(a) Actividad durante la época húmeda, concentrada al inicio o al final de esta temporada. Cuatro especies presentan este patrón de actividad, entre las que las especies *Celastina argiolus gozora* y *Dione moneta poeyii*, son univoltinas, mientras que *Agraulis vanillae incarnata* y *Leptophobia aripa elodia*, son especies que al parecer presentan más de una generación al año (Fig. 6).

(b) Actividad durante la época seca, cuando sólo *Dryas iulia moderata* muestra un periodo extendido de abundancia, pero a diferencia de lo que ocurre a nivel comunitario, éste ocurre durante los meses de enero a mayo (Fig. 7), que corresponden con la temporada seca.

(c) Actividad durante todo el año, donde encontramos a *Leptotes marina*, *Nathalis iole iole* y *Pterourus multicaudata multicaudata*, son multivoltinas, ya

que están presentes durante todo el año, aunque concentran sus mayores valores de abundancia relativa durante la temporada húmeda (Fig. 8).

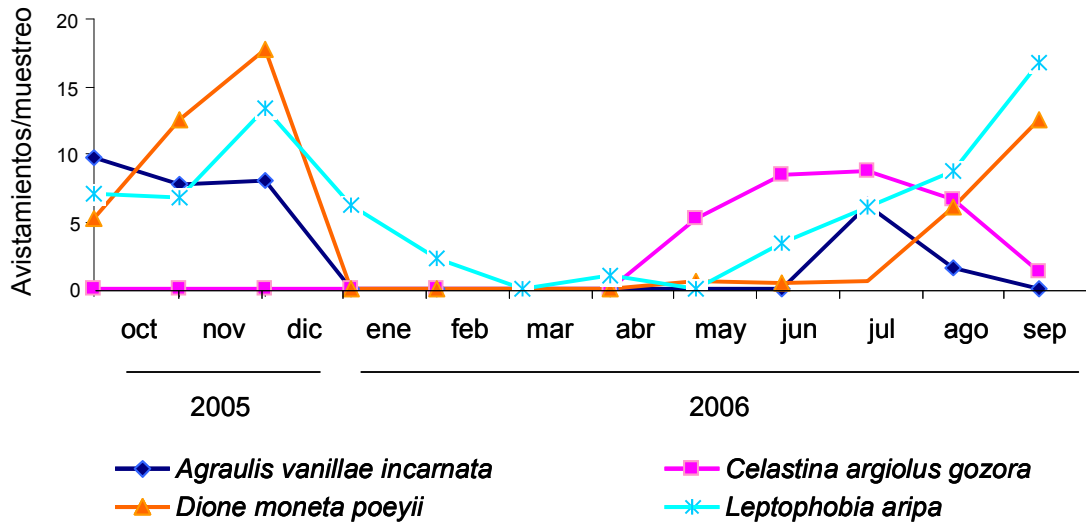


Figura 6. Variación temporal de la abundancia de las mariposas con actividad durante la época húmeda en la Reserva del Pedregal.

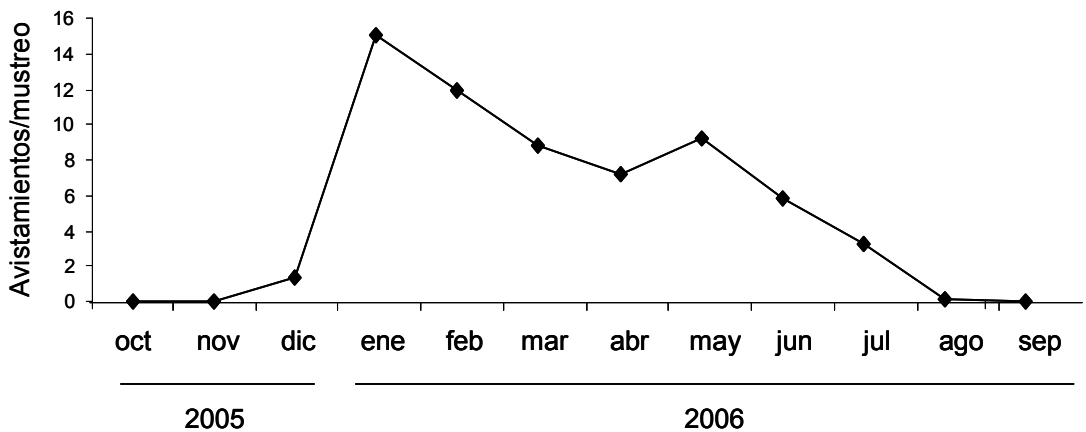


Figura 7. Variación temporal de la abundancia de *Dryas iulia moderata* en la Reserva del Pedregal.

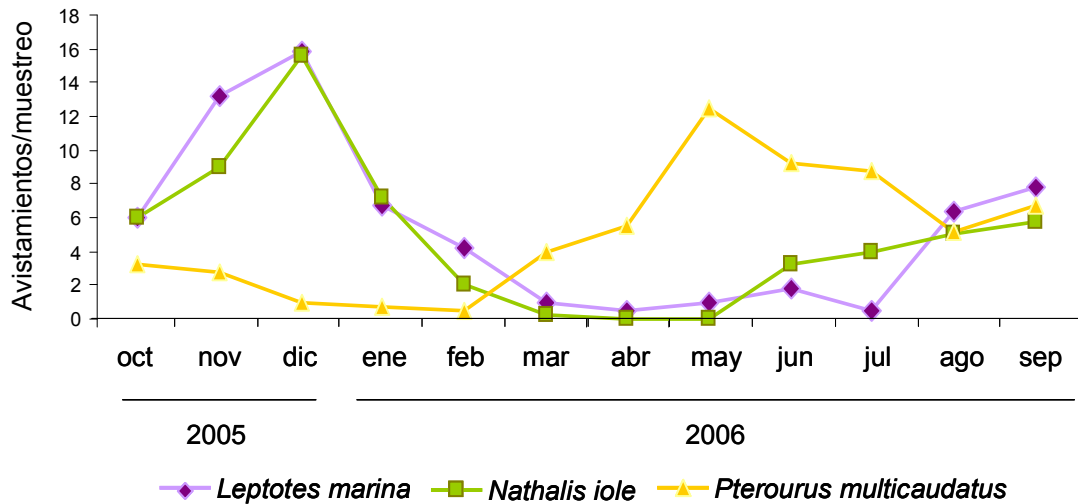


Figura 8. Variación temporal de la abundancia de las mariposas con actividad durante todo el año en la Reserva del Pedregal.

4.4. La comunidad vegetal de la Reserva

4.4.1. *Composición.* Se registraron 151 especies de plantas en floración, pertenecientes a 46 familias (Apéndice 2), entre las cuales, las que presentaron mayor número de especies a lo largo del año fueron: Asteraceae, (con 41 especies), Fabaceae (14), Solanaceae (8) y Commelinaceae y Orchidaceae (con 7 especies cada una) (Fig. 9).

4.4.2. *Variación temporal de la riqueza.* El patrón temporal de cambio de la riqueza específica de la comunidad de especies vegetales con flores entomófilas de la Reserva presentó un pico entre junio y noviembre, con un valor máximo de riqueza en septiembre y descendiendo posteriormente de enero a mayo (Fig. 10). Febrero fue el mes con menor número de especies vegetales en floración en la comunidad de estudio.

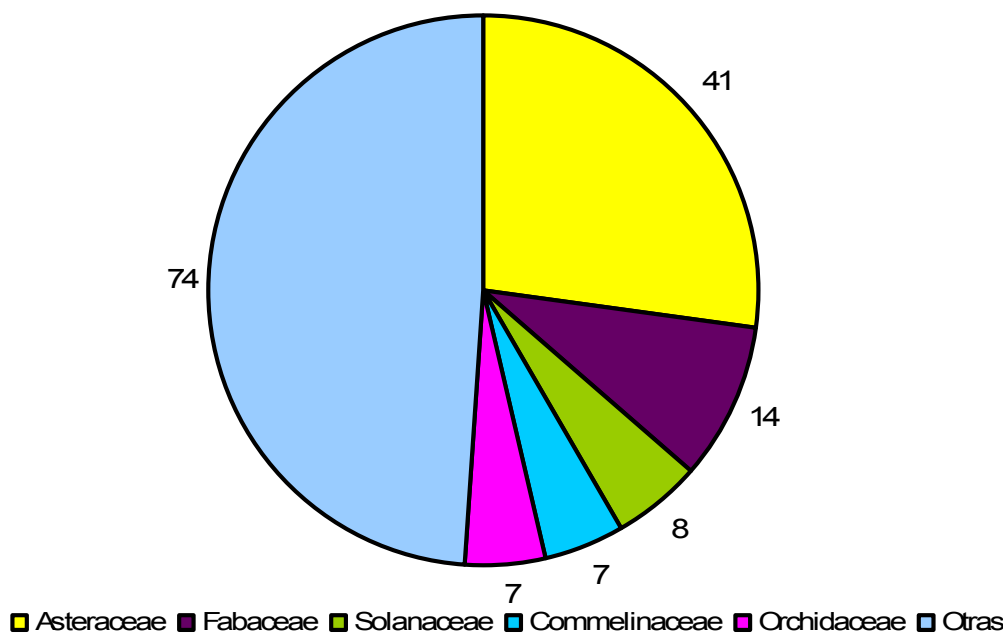


Figura 9. Distribución de especies vegetales no anemófilas (con flores) agrupadas por familia en la Reserva del Pedregal, registradas entre octubre de 2005 y septiembre de 2006.

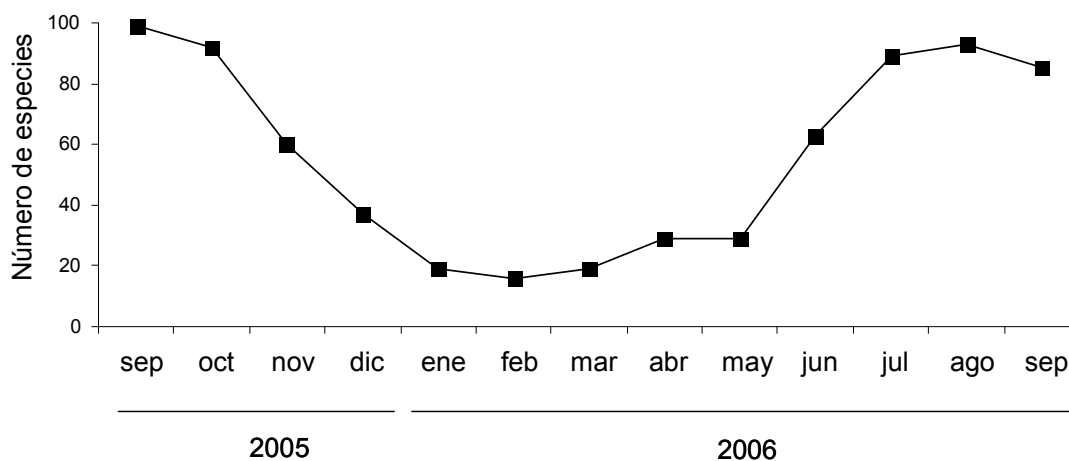


Figura 10. Variación temporal de la riqueza mensual de las especies vegetales con flores entomófilas en la Reserva del Pedregal.

4.4.3. *Fenología floral.* Se registraron 151 especies de plantas en floración, las cuales fueron agrupadas según su temporada de floración en cinco patrones

fenológicos distintos (Fig. 11). La mayoría de las especies mostraron una marcada estacionalidad, ya que 89 de ellas presentaron flores durante la temporada de lluvias, entre las que se encuentran *Dahlia coccinea*, *D. pinnata*, *Commelina coelestis*, *Montanoa tomentosa* y *Bidens odorata*. En contraste, sólo 11 fueron exclusivas de la época seca: *Eupatorium petiolare*, *Wigandia urens*, *Senecio (=Pittocaulon) praecox*, *Schinus molle* y *Opuntia tomentosa*. Algunas especies presentaron flores en ambas épocas del año pero con dos patrones diferentes de actividad: 37 especies cuya floración inició en la época de lluvia y se extendió hasta el inicio de la época seca (noviembre y diciembre), entre las que destacaron *Tithonia tubiformis*, *Verbesina virgata*, *Buddleia cordata*, *Tagetes lunulata* y *Lagascea rigida*, y nueve especies que comenzaron a florecer en la última etapa de la época seca (marzo y abril) y continuaron su floración en el primer mes lluvioso (junio), como *Bouvardia ternifolia* y *Dodonaea viscosa*. Por último, sólo cinco especies florecieron a lo largo del año: *Reseda luteola*, *Phytolaca icosandra*, *Passiflora subpeltata*, *Plumbago pulchella* y *Solanum nigrescens*.

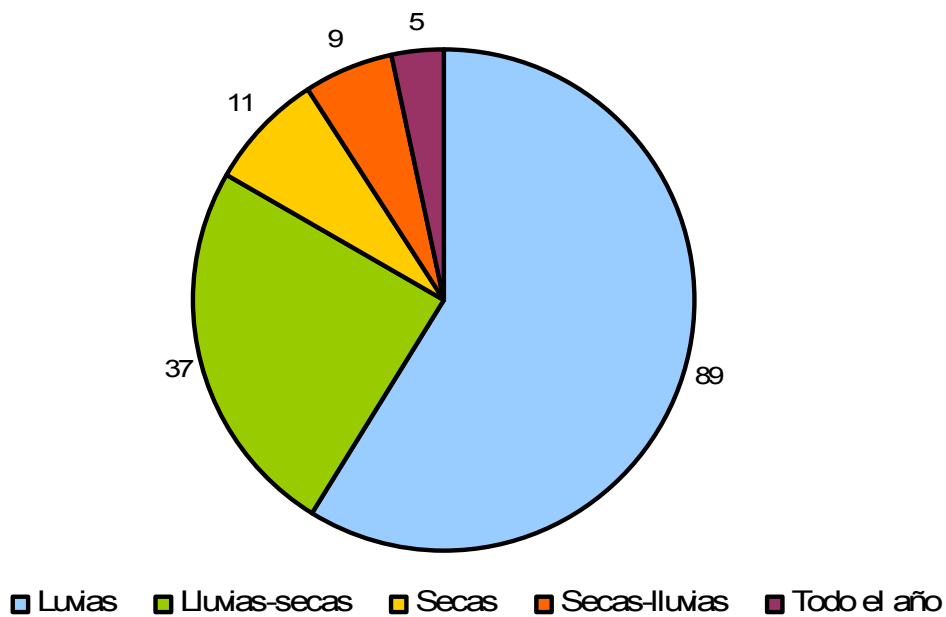


Figura 11. Número de especies vegetales no anemófilas, agrupadas según su temporada de floración en la Reserva del Pedregal, encontradas entre octubre de 2005 y septiembre de 2006. Ver texto para explicación de los grupos.

4.5. Relación de la fenología de mariposas con la fenología floral y otros factores ambientales

4.5.1. *Factores que afectan la riqueza mensual.* De acuerdo con los resultados de la regresión múltiple, la riqueza específica mensual de mariposas en vuelo (S_m) es explicada por la siguiente ecuación:

$$S_m = 1.750 \pm 0.441 (S_f) - 1.161 \pm 0.441 (Pp) \quad (R^2=0.70, F_{2,8} = 10.76, P = 0.0041)$$

donde S_f es la riqueza mensual de especies vegetales en floración y Pp es la precipitación acumulada mensual. En general, los meses en los que se registró mayor número de especies vegetales en floración fueron aquellos en los que la riqueza de mariposas fue alta (Fig. 12). También se observó que en los meses de mayor precipitación (agosto y septiembre) el número de especies de mariposas en vuelo se redujo. A diferencia de la precipitación, las variaciones

mensuales de temperatura y de humedad relativa no estuvieron sincronizadas con la variación mensual de la riqueza de mariposas en vuelo.

4.5.2. *Factores que afectan la abundancia mensual.* De acuerdo con los resultados de la regresión múltiple, la abundancia mensual de mariposas en vuelo (N_m) (medida como el número de avistamientos) se encuentra explicada por la siguiente ecuación:

$$N_m = 0.679 \pm 0.202 (HR) - 0.666 \pm 0.202 (T) (R^2=0.659, F_{2,9} = 8.708, P = 0.0079)$$

donde HR es el porcentaje de humedad relativa promedio mensual y T es la temperatura promedio mensual. En general, los meses en los que se registraron los niveles mayores de humedad relativa son los mismos en los que la abundancia de mariposas fue alta (Fig. 13). También se observó que en los meses en que incrementó la temperatura (febrero a julio), la abundancia de mariposas se vio reducida.

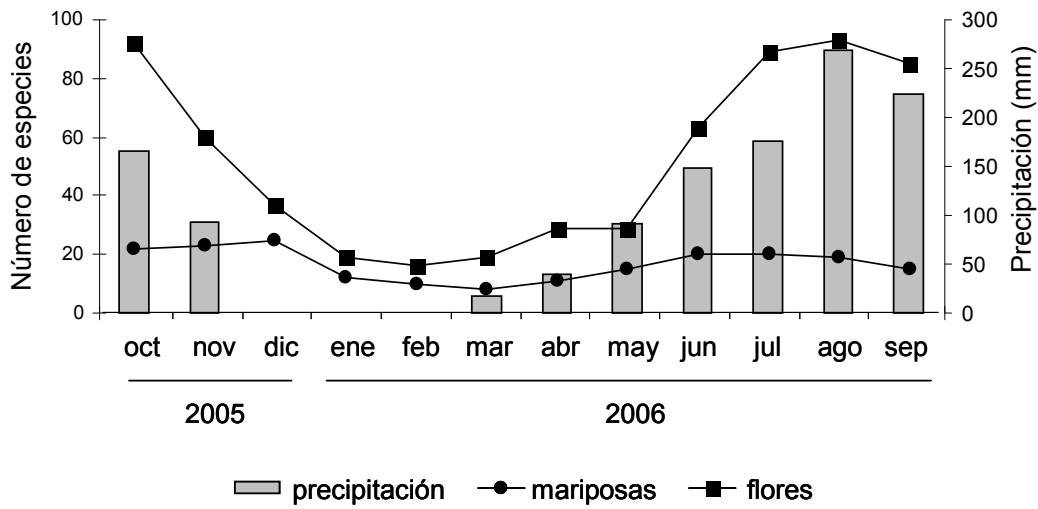


Figura 12. Variación mensual de la riqueza específica de mariposas, de la riqueza específica de especies vegetales en floración y de la precipitación acumulada mensual durante un año en la Reserva del Pedregal.

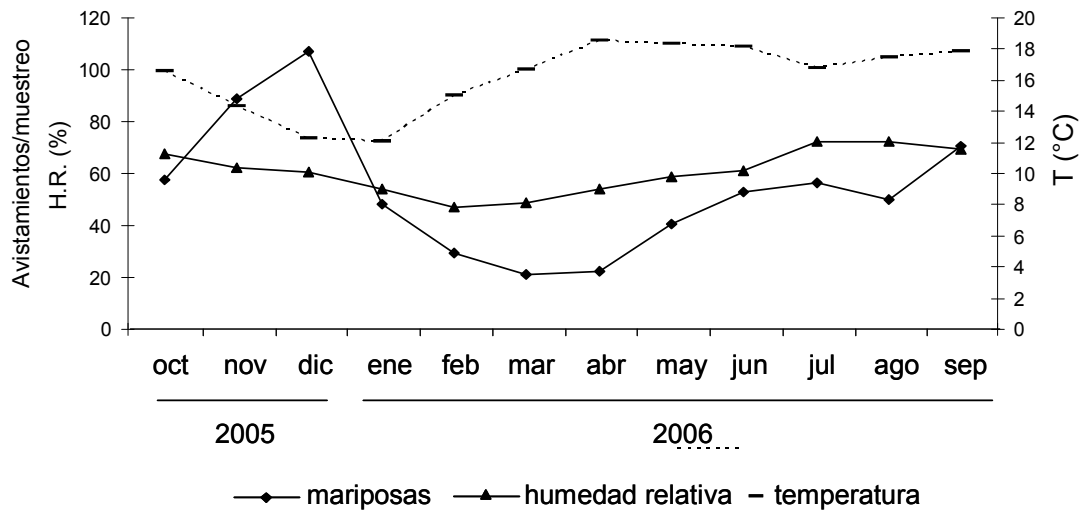


Fig. 13. Variación mensual de la abundancia de mariposas, de la humedad relativa promedio mensual y de la temperatura promedio mensual, en la Reserva del Pedregal.

V. DISCUSIÓN

5.1. Riqueza de la comunidad de mariposas

A diferencia del trabajo hecho por Katthain-Ducheteau (1971) en la Reserva, en el que reportó la presencia de 53 especies de mariposas, en el presente trabajo sólo se reportaron 40 (ver Apéndice 1), 20 de las cuales son compartidas. Seis de estas especies compartidas pertenecen al grupo las más abundantes (Cuadro 2), debido a la alta frecuencia de avistamientos; pero *Dione moneta poeyii*, y *Dryas iulia* moderata que son especies muy abundantes en esta comunidad, no fueron reportadas por Katthain-Ducheteau (1971). Es posible que la riqueza de la comunidad haya disminuido en respuesta a los cambios sufridos en este ambiente durante los años subsecuentes y que la composición de la comunidad haya cambiado; sin embargo, no se puede validar una comparación debido a que los métodos utilizados en ambos trabajos fueron muy distintos. Los muestreos de Katthain-Ducheteau (1971) cubrieron un mayor intervalo temporal, aunque no se desarrollaron de manera sistemática y, lamentablemente, no se especifican los límites geográficos dentro de los cuales se llevó a cabo el estudio.

Por otro lado, en este trabajo sólo se reportan las especies que fueron colectadas e identificadas, por lo que hubo algunas especies reconocidas en campo que no pudieron ser identificadas y por lo tanto no fueron incluidas como parte de los resultados, éste es el caso de al menos tres especies de hespéridos.

Este trabajo representa una revisión moderna al conocimiento de la comunidad de mariposas diurnas de la Reserva del Pedregal de San Ángel y aporta información ecológica que no se tenía, sin embargo, un estudio a largo

plazo y con mayor esfuerzo de colecta ampliaría el conocimiento en este grupo tan carismático en esta área protegida.

5.2. Fenología de la comunidad de mariposas

La variación mensual de la riqueza y la abundancia de mariposas diurnas mostraron un comportamiento similar, registrándose los valores máximos entre septiembre y diciembre, que corresponden con un periodo de alta abundancia de recursos florales, posterior al de alta precipitación. Por otro lado, los valores mínimos de estos atributos se presentaron entre enero y abril, periodo que corresponde con los meses de sequía en esta localidad, en los que evidentemente hay una escasez de recursos florales (ver Fig. 10). Consecuentemente, los patrones fenológicos de las ocho especies más abundantes muestran esta tendencia, ya que cuatro de éstas se encuentran durante la temporada húmeda y sólo una durante la temporada seca. Sin embargo, cabe destacar que las otras tres especies se encuentran durante todo el año, aunque sus mayores niveles de abundancia se concentran también durante la temporada húmeda (ver Figs. 6, 7 y 8). Estos patrones de abundancia corresponden con lo esperado, ya que se ha descrito que la abundancia de alimento y de follaje fresco es uno de los factores determinantes para la presencia de mariposas en varias comunidades (Shapiro, 1975; Wolda, 1988 y 1989; Filip *et al.*, 1995; Didham y Springate, 2003).

5.3. La comunidad vegetal de la Reserva

Tal y como ha sido reportado en todos los estudios previos, los cuales muestran que existe una marcada estacionalidad en la floración de la

comunidad vegetal del Pedregal de San Ángel (Meave *et al.*, 1994, Figueroa Castro, 1997; César-García, 2002), en este estudio encontramos el mismo comportamiento fenológico. La mayoría de las especies vegetales florecen durante la temporada de lluvias, lo cual favorece que los organismos que dependen de este recurso incrementen su abundancia.

5.4 Relación de la fenología de mariposas con la fenología floral y otros factores ambientales

La fenología de la comunidad de mariposas diurnas de la Reserva fue afectada por varios factores ambientales. Los resultados indican que la precipitación y la temperatura tienen un efecto negativo sobre la comunidad. Por un lado, la precipitación afecta la riqueza de mariposas en vuelo. Es posible que esto se deba a que la lluvia es un factor negativo asociado al peligro de daño o muerte que conlleva volar durante un evento de lluvias copiosas (Shapiro, 1975; Pollard, 1988), además, se ha reportado que los periodos intermitentes de nubosidad pueden ocasionar la disminución acelerada de la temperatura corporal y reducir su capacidad de vuelo (Kingsolver, 1983), ya que los insectos acumulan calor gracias a la exposición a la radiación solar, y eso les permite aumentar su temperatura corporal y llevar a cabo actividades como el vuelo (Heinrich, 1986), lo cual explicaría la disminución de abundancia y riqueza de esta comunidad durante el periodo de mayor precipitación. A pesar de que varios trabajos reportan un efecto similar de la lluvia sobre las comunidades de mariposas y otros insectos (Boinski y Scott, 1988; Kato *et al.*, 1995), existen varios estudios a largo plazo donde han encontrado que durante los años en que se registran altos niveles de precipitación, la abundancia de mariposas

disminuye, sin embargo, en el año subsiguiente a aquéllos, se registran altos niveles de abundancia (Denlinger, 1980; Pollard, 1988; Roy *et al.*, 2001). De igual forma, algunos estudios realizados a escala regional muestran que las localidades con mayores niveles de precipitación poseen la mayor diversidad (Janzen y Schoener, 1968; Hawkins *et al.*, 2003). Por otro lado, Devoto *et al.* (2005) al estudiar los sistemas planta-polinizador en un gradiente regional de humedad en la región de la Patagonia, encontraron que el nivel de precipitación es el factor principal que explica el funcionamiento de los sistemas de polinización. Los patrones observados a estas escalas podrían explicarse debido a que las regiones y los periodos en que se presentan altos niveles de precipitación favorecen la productividad primaria de los sistemas y esto proporciona un beneficio indirecto a las comunidades de insectos debido a la alta disponibilidad de recursos alimenticios y sustrato de oviposición (Wolda, 1978; Pollard, 1988). Estos patrones encontrados a escala regional o bien a largo plazo no son comparables con los resultados obtenidos en este estudio, pero son un antecedente importante para futuros estudios en esta comunidad.

Por su parte, en esta comunidad la temperatura fue un factor que afectó negativamente la abundancia de las mariposas en vuelo, a diferencia de lo que ocurre con las abejas de la comunidad del Pedregal, ya que, como ha reportado Domínguez-Álvarez (2009), la temperatura fue el principal factor que afectó positivamente la riqueza de abejas en vuelo. De igual forma, la mayoría de las comunidades en que se ha estudiado el efecto de la temperatura sobre los atributos comunitarios de insectos, la reportan como un factor positivo determinante en la fenología de insectos (Sparks y Yates, 1997; Roy *et al.*, 2001; Forister y Shapiro, 2003; Stefanescu *et al.*, 2003; Gordo y Sanz, 2006).

Esta relación corresponde más bien a comunidades de zonas templadas, ya que en estas latitudes existen variaciones más extremas en la temperatura y durante la temporada fría suele haber escasez de recursos (Scott y Epstein, 1987), situación que no se presenta en el Pedregal. Es probable que el efecto de la temperatura presente en esta comunidad se deba a que cuando hay altas temperaturas las mariposas corren el riesgo de deshidratación.

En este estudio encontramos que hay dos factores ambientales que se relacionan positivamente con la comunidad de mariposas, uno es la humedad relativa, que afecta de manera positiva con la abundancia de la comunidad de mariposas. A este respecto existen pocos estudios sobre el efecto de la humedad sobre las comunidades y poblaciones de mariposas, y muestran resultados contrastantes. Kemp (2001), al estudiar las poblaciones de la mariposa *Hypolimnas bolina* del norte de Australia, encontró que hay mayor abundancia y actividad a mayor humedad; sin embargo, Intachat *et al.* (2001) reportan, para una comunidad de palomillas de un bosque tropical de Malasia, que la abundancia de éstas disminuye cuando los niveles de humedad son más altos, debido al incremento en la probabilidad de infestación por patógenos (hongos y bacterias). En la REPSA, es posible que cuando se registra una baja humedad relativa del aire, las mariposas pierdan agua y se deshidraten afectando sus actividades de forrajeo, apareo y oviposición. En necesario, sin embargo, hacer estudios sobre el desempeño de las mariposas a diferentes niveles de humedad relativa del aire.

Por otra parte, la riqueza de especies vegetales en floración afectó positivamente la riqueza de mariposas, al igual que en varios estudios que documentan un efecto positivo de la riqueza de especies vegetales con néctar

sobre la diversidad de la comunidad de mariposas (Intachat *et al.*, 2001; Kitahara *et al.*, 2008), y tal como lo sugiere Proctor *et al.* (1996), la diversidad de recursos está directamente relacionada con la riqueza de especies. Incluso algunos trabajos refieren que ésta puede ser un factor limitante para la densidad de poblaciones de mariposas (Clench, 1967; Ehrlich y Gilbert, 1973; Scott y Epstein, 1987). Al respecto, se sabe que la alimentación adecuada de los lepidópteros adultos es un factor que beneficia su fecundidad y su desempeño (Boggs y Ross, 1993; Fisher y Fielder, 2001).

Dado todo lo anterior, se sugiere que en la comunidad de la Reserva del Pedregal de San Ángel las mariposas requieren de tres condiciones para llevar a cabo sus actividades de vuelo: (1) bajos niveles de precipitación que reduzcan el riesgo de daño mecánico y aseguren ciertos niveles de radiación solar, (2) alta variedad de plantas en floración para que las mariposas exploren diversos recursos (Gilbert y Singer, 1975), y (3) niveles bajos de temperatura, asociados con alta humedad relativa que reduzcan el riesgo de deshidratación.

VI. CONCLUSIONES

1. En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel se registraron 40 especies de mariposas diurnas, pertenecientes a las familias Nymphalidae, Lycaenidae, Hesperiiidae, Pieridae y Papilionidae.
2. Ocho especies de mariposas fueron muy abundantes y representan el 67.61% de la comunidad y son (en orden decreciente): *Leptophobia aripa*, *Leptotes marina*, *Nathalis iole*, *Dione moneta poeyii*, *Dryas iulia moderata*, *Pterourus multicaudata*, *Agraulis vanillae incarnata* y *Celastina argiolus gozora*.
3. Los patrones de variación mensual de riqueza y abundancia de la comunidad de mariposas presenta sus valores máximos entre septiembre y diciembre, mientras que los valores mínimos se dan entre enero y abril, durante la temporada seca.
4. La comunidad vegetal del Pedregal presenta 151 especies entomófilas, cuyo patrón fenológico de floración es: sólo en lluvias (89 especies), sólo en secas (11 especies), inicio en lluvias y término en secas (37 especies), inicio en secas y término en lluvias (nueve especies), todo el año (cinco especies).
5. Los factores que determinan la fenología de mariposas son la humedad relativa y la riqueza de especies vegetales en floración, que la afectan positivamente la riqueza y la abundancia, respectivamente. Mientras que los que la precipitación y la temperatura lo afectan de manera negativa, los atributos respectivos.

LITERATURA CITADA

- Álvarez J., J. Carabias, J. Meave, P. Moreno-Cassasola, D. Nava, F. Rodríguez, C. Tovar y A. Valiente. 1982. *Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Barth, F. 1991. *Insects and Flowers. The Biology of a Partnership*. Princeton University Press, Princeton.
- Betts, C. R. y R. J. Wootton. 1988. Wing shape and flight behaviour in butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea): A preliminary analysis. *Journal of Experimental Biology* **138**: 271-288.
- Beutelspacher, C. R. 1980. *Mariposas Diurnas del Valle de México*. Ediciones Científicas La Prensa Médica Mexicana, México, D. F.
- Boggs, C. L. y C. L. Ross. 1993. The effect of adult food limitation on life history traits in *Speyeria mormonia* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Ecology* **74**: 433-441.
- Boinsky, S. y P. E. Scott. 1988. Association of birds with monkeys in Costa Rica. *Biotropica* **20**: 136-143.
- Cano-Santana, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis Doctoral. Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Castillo-Argüero, S., G. Montes-Cartas, M. A. Romero-Romero, Y. Martínez-Orea, P. Guadarrama-Chávez, I. Sánchez-Gallén y O. Núñez-Castillo. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la

- Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D. F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 51-75.
- Castillo-Argüero S., Y. Martínez-Orea, M. A. Romero-Romero, P. Guadarrama-Chávez, O. Nuñez-Castillo, I. Sánchez-Gallén y J. A. Meave. 2007. *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Aspectos Florísticos y Ecológicos*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- César-García, 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 profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México., D.F.
- Chew, F. S. y R. K. Robins. 1984. Egg-laying in butterflies. Pp. 65-80. En: Van Wright R. I. y P. R. Ackery (eds.). *The Biology of Butterflies*. Symposium of the Royal Entomological Society of London. Academic Press, Londres.
- Clench, H. K. 1967. Temporal dissociation and population regulation in certain hesperiine butterflies. *Ecology* **48**: 1000-1006.
- Cody, M. L. y J. M. Diamond (eds). 1975. *Ecology and Evolution of Communities*. Harvard University Press, Cambridge.
- Denlinger, D. 1980. Seasonal and annual variation of insect abundance in Nairobi National Park, Kenya. *Biotropica* **12**: 100-106.
- Devoto, M., D. Medan y N. Maldonado. 2005. Patterns of interaction between plants and pollinators in an environmental gradient. *Oikos* **119**: 461-472.
- Didham, R. K. y N. D. Springate. 2003. Determinant of temporal variation in community structure. Pp. 28-39. En: Basset, Y., V. Novotny, S. E. Millar y R. L. Kitching (eds.). *Arthropods of Tropical Forests. Spatio-temporal*

- Dynamics and Resource Use in the Canopy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Domínguez-Álvarez, L. A. 2009. Fenología de las abejas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y su relación con la fenología floral. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Domínguez, C. A. y J. Núñez-Farfán. 1994. Las mariposas diurnas del Pedregal de San Ángel como vectores de polen. Pp. 313-322. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Ehrlich, P. R. y L. E. Gilbert, 1973. Population structure and dynamics of the tropical butterfly *Heliconius ethilla*. *Biotropica* **5**: 69-82.
- Figuroa-Castro, D. M. 1997. Análisis comparativo de la biología floral de cinco especies de compuestas del Pedregal de San Ángel, D. F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Filip V., R. Dirzo, J. M. Maass y J. Sarukhán. 1995. Within- and among-year variation in the levels of herbivory on the foliage of trees from Mexican tropical deciduous forest. *Biotropica* **27**: 78-86.
- Fisher, K. y K. Fielder, 2001. Effects of adult feeding and temperature regime on fecundity and longevity in the butterfly *Lycaena hippothoe* (Lycaenidae). *Journal of Lepidopterists' Society* **54**: 91-95.
- Forister, M. L. y A. M. Shapiro. 2003. Climatic trends and advancing spring flight of butterflies in lowland California. *Global Change Biology* **9**: 1130-1135.

- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema Climático de Köppen*. Editado por la autora. México, D.F.
- Gilbert, L. E. 1984. The biology of butterflies communities. Pp. 134–165. En: Van-Wright R. I. y P. R. Ackery (ed.). *The Biology of Butterflies*. Symposium of the Royal Entomological Society of London. Academic Press, Londres.
- Gilbert, L. E. y M. C. Singer. 1975. Butterfly ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* **6**: 365-397.
- Gilbert, L. E. y J. T. Smiley. 1978. Determination of local diversity in phytophagous insects: Host specialists in tropical environments. *Symposium of the Royal Entomological Society of London* **9**: 89-104.
- Gordo, O. y J. Sanz. 2006. Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* and the small white *Pieris rapae* in the Iberian Peninsula (1952-2004). *Ecological Entomology* **31**: 261-168.
- Hamer, K. C., J. K. Hill, N. Mustaffa, S. Benedick, T. N. Sherratt, V. K. Chey y M. Maryati. 2005. Temporal variation in abundance and diversity of butterflies in Bornean rain forests: Opposite impacts of logging recorded in different seasons. *Journal of Tropical Ecology* **21**: 417-425.
- Harrison, S. 1994. Resources and dispersal as factors limiting a population of the tussock moth (*Orgyia vetusta*), a flightless defoliator. *Oecologia* **99**: 27-34.
- Hawkins, B. A., R. Field, H. V. Cornell, D. J. Currie, J. F. Guégan, D. M. Kaufman, J. T. Kerr, G. G. Mittelbach, T. Oberdoff, E. M. O'Brien, E. P. Porter, J. y R. G. Turner. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* **84**: 3105-3117.

- Heinrich, B. 1986. Thermoregulation and flight activity of a satyrine, *Coenonympha inornata* (Lepidoptera: Satyridae). *Ecology* **67**: 593-597.
- Intachat, J., J. Holloway y H. Staines. 2001. Effects of weather and phenology on the abundance and diversity of geometroid moths in a natural Malaysian tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* **17**: 411-429.
- Janzen, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* **21**: 620-637.
- Janzen, D. y T. Schoener. 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during a tropical dry season. *Ecology* **49**: 96-110.
- Kato M., T. Inoue, A. A. Hamid, T. Nagamitsu, M. B. Merdek, A. R. Nona, T. Itino, S. Yamane y T. Yumoto. 1995. Seasonality and vertical structure of a light-attracted insect communities in a dipterocarp forest in Sarawak. *Research in Population Ecology* **37**: 59–79.
- Katthain-Ducheteau, G. 1971. Estudio taxonómico y datos ecológicos de especies del suborden Rhopalocera (Insecta, Lepidoptera) en un área del Pedregal de San Ángel, D. F. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Kemp, D. 2001. Reproductive seasonality in the tropical butterfly *Hypolimnas bolina* (Lepidoptera: Nymphalidae) in northern Australia. *Journal of Tropical Ecology* **17**: 483-494.
- Kevan, P. G. y H. G. Baker. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* **28**: 407-453.
- Kingsolver, J. G. 1983. Thermoregulation and flight in *Colias* butterflies: Elevational patterns and mechanistic limitations. *Ecology* **64**: 534-545.

- Kitahara, M., M. Yumoto y T. Kobayashi. 2008. Relationships of butterfly diversity with nectar plant species richness in and around the Aokigahara primary woodland of Mount Fuji, Central Japan. *Biodiversity and Conservation* **17**: 2713-2734.
- Llorente-Bousquets, J., L. Oñate-Ocaña, A. Luis-Martínez e I. Vargas-Fernández. 1997. *Papilionidae y Pteridae de México. Distribución Geográfica e Ilustraciones*. CONABIO y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Llorente-Bousquets, J., A. Luis-Martínez e I. Vargas Fernández. 2006. Apéndice general de Papilionoidea: Lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas. Pp: 945-1009. En: Morrone, J.J. y J. Llorente-Bousquets (eds.). *Componentes Bióticos Principales de la Entomofauna Mexicana*. Las prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Lot, A. (coord.). 2007. *Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización Ambiental e Inventario Biológico*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). En prensa. *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets e I. Vargas-Fernández. 2003. *Nymphalidae de México I (Danainae, Apaturinae, Biblidinae y Neliconiinae)*. *Distribución Geográfica e Ilustraciones*. CONABIO y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. México, D.F.

- Meave J., J. Carabias, V. Arriaga y A. Valiente-Banuet. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. Pp. 91-105. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Pollard, E. 1988. Temperature, rainfall and butterfly numbers. *Journal of Applied Ecology* **25**: 819-828.
- Powell, J. 2003. Lepidoptera (Moths, Butterflies). Pp. 793-841. En: Resh, V. y R. Cardé (eds.). *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, San Diego.
- Proctor, M., P. Yeo y A. Lack. 1996. *The Natural History of Pollination*. Timber Press, Portland.
- Ratchke, B. y E. Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **16**: 179-214.
- Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Roy, D. B., P. Roherty, D. Moss, E. Pollard y J. A. Thomas. 2001. Butterfly numbers and weather: Predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology* **70**: 201-217.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México* **8**: 59-129.
- Schowalter T. 2000. *Insect Ecology. An Ecosystem Approach*. Academic Press, San Diego.

- Scott, J. 1986. *The Butterflies of North America*. Standford University Press, Standford.
- Scott, J. A. y M. E. Epstein. 1987. Factors affecting phenology in a temperate insect community. *American Midland Naturalist* **117**: 103-118.
- Sehnal F., O. Nevdvěd y V. Košťál. 2003. Pp. 1116-1119. En: Resh, V. y R. Cardé (eds.). *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, San Diego.
- Shapiro, A. 1975. The temporal component of butterfly species diversity. Pp. 181-195. En: M. L. Cody y J. M. Diamond (eds.). *Ecology and Evolution of Communities*. Harvard University Press, Cambridge.
- Siebe, C. 2000. Age and archeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin of Mexico City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **104**: 45-64.
- Singer, M. C. 1984. Butterfly host-plant relationships: Host quality, adult choice and larval success. Pp. 81-88. En: Van-Wright, R. I. y P. R. Ackery (eds.). *The Biology of Butterflies*. Symposium of the Royal Entomological Society of London, Academic Press, Londres.
- Soberón J., M. De la Cruz y G. Jiménez. 1991. Ecología hipotética de la Reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo* **17**:25–38.
- Sparks, T. H. y T. J. Yates. 1997. The effects of spring temperature on the appearance dates of British butterflies 1883-1993. *Ecography* **20**: 368-374.
- Stefanescu, C., J. Peñuelas e I. Filella. 2003. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology* **9**: 1494-1506.

- Stehr, F. 2003. Caterpillars. Pp. 237-245. En: Resh, V. y R. Cardé (eds.). *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, San Diego.
- UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México. 2005. Acuerdo por el que se rezonefica, delimita e incrementa la zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM* 3813: 14-15, 23-23.
- Valiente-Banuet, A. y E. De Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel. *Acta Botanica Mexicana* 9: 13-30.
- Valverde, T., Z. Cano-Santana, J. Meave y J. Carabias. 2005. *Ecología y Medio Ambiente*. Pearson, México, D.F.
- Vanzolini, P.E. 1985. *Manual de Recolección y Preparación de Animales*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Williams-Linera, G. y J. Meave. 2002. Patrones fenológicos. En: Guariguata, M. R. y Kattan, G. H. (eds.). Pp. 407-431. *Ecología y Conservación de los bosques neotropicales* (eds.). Editorial Libro Universitario Regional. San José, Costa Rica.
- Wolda, H. 1978. Seasonal fluctuation in rainfall, food and abundance of tropical insects. *Journal of Animal Ecology* 47: 369-381.
- Wolda, H. 1987. Seasonality and the community. Pp. 69-95. En: Gee, J.H.R. y P.S. Giller (eds.). *Organization of Communities, Past and Present*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 1-18.

Wolda, H. 1989. Seasonal cues in tropical organisms. Rainfall? Not necessarily!

Oecologia **80**: 437-442.

Wolda, H. y D. Roubik. 1986. Nocturnal bee abundance and seasonal bee

activity in a Panamian Forest. *Ecology* **67**: 426-433.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River.

APÉNDICE 1

Comparación entre la lista de especies de Rophalocera reportadas por Katthain-Duchateau (1971) para el Pedregal de San Ángel y las registradas en el presente trabajo. Los nombres científicos que se encuentran en el mismo renglón constituyen sinonimias o identificaciones a subespecie.

FAMILIA / Especies

Katthain-Duchateau (1971)

Este estudio

PAPILIONIDAE

Battus philenor L.

Papilio polyxenes L.

Papilio multicaudatus Boisd.

Papiliogaramas garamas Hüb.

Papilio polyxenes asterius Stoll, 1782

Pterourus multicaudata multicaudata (W.F. Kirby, 1884)

Pterourus garamas garamas (Geyer, [1829])

Parides photinus (Doubleday, 1844)

PIERIDAE

Colias cesonia Stoll

Phoebis sennae eubule L.

Phoebis philea L.

Nathalis iole Bdv.

Pieris protodice Boisd & Lec

Leptophobia arippa Boisd

Catascticta nimbie Boisd.

Catascticta teutila Doubleday

Eurema mexicana Boisd.

Eurema salome Felder

Eurema nicippe Cramer

Zerene cesonia cesonia (Stoll, 1790)

Phoebis sennae marcellina (Cramer, 1779)

Phoebis philea philea (Linnaeus, 1763)

Nathalis iole Boisduval, 1836

Pontia protodice (Boisduval & Leconte, [1830])

Leptophobia aripa elodia (Boisduval, 1836)

Colias eurytheme Boisduval, 1852

Pieris rapae rapae (Linnaeus, 1758)

DANNAIDAE

Danaus berenice Cram.

Danaus plaxippus Hüb

Danaus plexippus plexippus (Linnaeus, 1758)

SATYRIDAE

Megisto rubricata Edw.

Euptychia sericeella Bat.

Gyrocheilus patrobas Hew.

LIBYTHEIDAE

Libytheana carinenta mexicana Cram

RIODINIIDAE

Lephelisca nemesis Edw.

Emesis zela zela Btlr.

FAMILIA / Especies

Katthain-Duchateau, 1971

Este estudio

NYMPHALIDAE

Anthanassa texana Edw.
Morpheis ehrenbergii Hdn.
Vanessa cardui L.
Agraulis vanillae incarnata (Riley)
Junonia genoveva Cram.
Limenitis bredewii Gey
Metamorpha stelenes biplagiata Fruhst
Evonyma monima Cram.
Nymphalis antiopa L.
Vanessa virginensis Dru.

Anthanassa texana texana (W.H. Edwards, 1863)
Chlosyne ehrenbergii (Geyer, [1833])
Vanessa cardui (Linnaeus, 1758)
Agraulis vanillae incarnata (Riley, 1926)

Chlosyne lacinia lacinia (Geyer, 1837)
Vanessa sp.
Dione juno huascuma (Reakirt, 1866)
Dione moneta poeyii Butler, 1873
Dryas iulia moderata (Riley, 1926)
Dryadula phaetusa (Linnaeus, 1758)

LYCAENIDAE

Leptotes marina Reak.
Hemiargus isola Reak.
Lycaenopsis pseudragiolus gozora Boisd.
Mitoura xami (Reakirt)
Strymon sp.

Leptotes marina (Reakirt, 1868)
Echinargus isola (Reakirt, [1867])
Celastina argiolus gozora (Boisduval, 1870)
Callophrys xami (Reakirt, [1867])

Strymon sp.
Calephelis peratalis perditalis Barnes & McDunnough 1918
Cyanophrys sp.
Electrostrymon sangala (Hewitson, 1868)
Aricia acmon (Westwood, [1851])

HESPERIIDAE

Urbanus dorantes Stoll
Autochton cellus (Boisd & Lec.)
Urbanus simplicius (Stoll)
Urbanus teleus Hbn.
Achlyodes pallia Feld.
Pygus communis (Grote)
Heliopetes arsalte L.
Erynnis albomarginatus (G. & S.)
Dalla cyclosticta (Dyar).
Hylephila phyleus Dru.
Paratrytone melane Edw.
Poanes hobomok Harris
Amblyscirtes tutolia Dyar.
Panoquina nyctelius Latr.
Apyrrothrix araxes Hew.

Urbanus dorantes dorantes (Stoll, 1790)
Autochton cellus (Boisduval & Le Conte, [1837])

Amblyscirtes fimbriata pallida H. Freeman, 1993
Calpodus ethlius (Stoll, 1782)
Chiomara georgina georgina (Reakirt, 1868)
Polites sp.
Urbanus proteus proteus (Linnaeus, 1758)
Polites subreticulata (Plötz, 1883)

APÉNDICE 2

Lista de especies vegetales en floración en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (México, D.F.). Las familias Poaceae y Cyperaceae fueron excluidas por ser anemófilas.

FAMILIA/Especie	mes (2005-2006)												
	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	May	jun	jul	ago	sep
ALLIACEAE													
<i>Milla biflora</i> Cav.	—									—	—	—	
AMARANTACEAE													
<i>Iresine grandis</i>	—	—	—	—									—
<i>Gomphrena pringlei</i> Coult. et Fisher	—											—	—
<i>Guilleminea densa</i> (Humb. et Bonpl. ex Schult.) Moq.	—	—										—	—
AMARYLLIDACEAE													
<i>Manfreda scabra</i> (Ortega) Mc Vaugh	—									—	—	—	—
<i>Sprekelia formosissima</i> (L.) Herb.						—	—	—	—				
<i>Zephyrantes concolor</i> (Lindl.) Benth. Et Hook. f.							—	—	—				
<i>Zephyrantes longifolia</i> Hemsl.							—	—	—				
ANACARDIACEAE													
<i>Schinus molle</i> L.		—	—	—	—	—	—	—					
ANTHERICACEAE													
<i>Echeandia mexicana</i>	—	—	—						—	—	—		
APIACEAE													
<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl.			—	—						—	—	—	
ASCLEPIDACEAE													
<i>Gonolobus uniflorus</i> Kunth	—	—								—	—	—	—
ASTERACEAE													
<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagani	—	—										—	—
<i>Ambrosia psyllostachya</i> DC.										—	—		
<i>Bidens odorata</i> Cav.	—	—											
<i>Bidens osthuthoides</i> (DC.) Sch. Bip.									—	—	—	—	—
<i>Bidens serrulata</i> Poir. Desf.	—	—										—	—
<i>Brickellia secundiflora</i> (Lag.) A. Gray		—	—	—									
<i>Conyza canadensis</i> L. Cronq.	—	—							—	—	—	—	—
<i>Conyza coronpifolia</i> Kunth											—	—	
<i>Conyza sopherifolia</i> Kunth											—	—	
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	—	—	—	—									—
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	—									—	—	—	—
<i>Dahlia pinnata</i> Cav.	—	—								—	—	—	—
<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	—	—										—	—
<i>Eupatorium petiolare</i> Sessé et Moc. ex DC.				—	—	—	—	—	—				
<i>Eupatorium pulchellum</i> Kunth	—	—	—	—									
<i>Florestina pedata</i> (Cav.) Cass.	—	—	—					—	—	—	—	—	
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	—	—	—						—	—	—	—	—
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	—	—											
<i>Gnaphalium canescens</i> DC.	—	—	—	—									
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> DC.	—	—	—									—	—
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	—	—									—	—	—

FAMILIA/Especie	mes (2005-2006)												
	sep	oct	nov	dic	ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
ASTERACEAE													
<i>Lagascea rigida</i> (Cav.) Stuessy	—	—	—	—								—	—
<i>Lagascea rubra</i> Kunth	—	—	—	—								—	—
<i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth		—											
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	—	—	—										—
<i>Pathenium hysterothorus</i> L.								—	—	—	—		
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.		—	—	—	—								
<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze.	—	—										—	—
<i>Schkuhria schkuhrioides</i> (Link et Otto) Thellung.	—	—										—	—
<i>Senecio</i> (= <i>Pittocaulon praecox</i>) (Cav.) DC.					—	—	—	—					
<i>Stevia micrantha</i> Lag.	—	—	—										
<i>Stevia ovata</i> Willd.	—	—	—	—									
<i>Stevia serrata</i> Cav.	—	—										—	—
<i>Tagetes filifolia</i> Lag	—	—										—	—
<i>Tagetes lucida</i> (<i>coronopifolia</i>) Willd.		—	—										
<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	—	—	—	—	—								
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	—	—	—									—	—
<i>Taraxacum officinale</i> (<i>Picris echioides</i> L.)		—	—	—	—	—	—						
<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	—	—	—	—									—
<i>Verbesina virgata</i> Cav.		—	—	—									
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	—	—	—	—	—							—	—
BEGONIACEAE													
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	—	—										—	—
BIGNONIACEAE													
<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	—											—	—
BRASSICACEAE													
<i>Brassica rapa</i> L.	—	—										—	—
<i>Eruca sativa</i> Mill.		—	—	—								—	—
<i>Lepidium sodium</i> A. Gray												—	—
CACTACEAE													
<i>Mammillaria magnimamma</i> Haw.				—	—	—		—	—				
<i>Opuntia robusta</i> Wendl.							—	—	—	—	—		
<i>Opuntia rzedowskii</i> Scheinvar.							—	—					
<i>Opuntia tomentosa</i> Slam-Dyck							—	—					
CALOCHORTACEAE													
<i>Calochortus barbatus</i> Kunth	—	—										—	—
CAPPARACEAE													
<i>Polanisia uniglandulosa</i> DC.	—											—	—
CARYOPHYLLACEAE													
<i>Silene gallica</i> L.	—	—	—	—	—	—						—	—

FAMILIA/Especie	mes (2005-2006)												
	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
COMMELINACEAE													
<i>Commelina coelestis</i> Willd. Var. <i>coelestis</i>	—											—	—
<i>Commelina diffusa</i> Burm. F.	—	—								—	—	—	—
<i>Commelina tuberosa</i> L.	—	—								—	—	—	—
<i>Gibasis linearis</i> (Benth.) Rohweder		—	—										
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schelcht.	—	—								—	—	—	—
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	—	—								—	—	—	—
<i>Tripogandra purpurascens</i> (S. Schauer) Handlos	—	—									—	—	—
CONVOLVULACEAE													
<i>Convolvulus arvensis</i> L.									—	—	—		
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	—								—	—	—	—	—
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	—	—	—							—	—	—	—
<i>Quamoclit gracilis</i> (<i>Ipomoea cristulata</i> Hall.)	—	—	—										
CRASSULACEAE													
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.		—	—	—	—	—							
<i>Villadia batesii</i> (<i>misera</i>) (Lindl.) R.T.C. lausen	—	—	—							—			
CUCURBITACEAE													
<i>Cyclanthera tamnoides</i> Willd. Cogn.	—	—											
<i>Sicyos deppei</i> G. Don.	—	—											—
DIOSCOREACEAE													
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	—	—									—	—	—
FABACEAE													
<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth			—							—	—	—	—
<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	—										—	—	—
<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby		—	—										
<i>Dalea leponina</i> (Aiton) Bullock	—	—	—	—							—		—
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Sarg.	—									—	—	—	—
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ort.) A. Delgado	—										—	—	—
<i>Medicago lupina</i> L.										—	—		
<i>Medicago polymorpha</i> L.	—	—	—						—	—	—	—	—
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega var. <i>Biuncifera</i> (Benth.) Barneby		—	—										
<i>Phaseolus coccinerus</i> L.	—										—	—	—
<i>Phaseolus leptostachyus</i> Benth.	—	—								—	—	—	—
<i>Phaseolus pauciflorus</i> Sessé et Moc.	—	—									—	—	—
<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth.	—	—											
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Maréchal, Mascherpa et Stainer	—										—	—	—
HYDROPHYLLACEAE													
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav) Kunth			—	—	—	—	—	—					
IRIDACEAE													
<i>Sisyrinchium angustissimum</i> B.L. Rob. et Greenm.) Greenm. et C.H. Thomps										—	—		
<i>Tigridia pavonia</i> (L.f.) DC.	—	—	—									—	—

FAMILIA/Especie	mes (2005-2006)												
	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	Sep
LAMIACEAE													
<i>Leonotis nepentifolia</i> (L.) R. Br.	—	—	—	—	—	—					—	—	—
<i>Salvia mexicana</i> L.	—	—	—	—	—					—	—	—	—
<i>Salvia polystachya</i>			—	—									
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl.	—	—	—										—
LILIACEAE													
<i>Allium glandulosum</i>												—	—
LOASACEAE													
<i>Mentzelia hispidula</i> Willd.	—	—	—	—						—	—	—	—
LOGANIACEAE													
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	—	—	—	—	—					—	—	—	—
<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	—	—	—	—						—	—	—	—
LYTRACEAE													
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	—											—	—
<i>Cuphea wrightii</i> A. Gray	—	—									—	—	—
MALPIGHIACEAE													
<i>Gaudichaudia cynanchoides</i> Kunth	—	—	—										
MALVACEAE													
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltld	—	—								—	—	—	—
<i>Sida rhombifolia</i> L.										—	—	—	—
<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G. Don	—	—	—										
NYCTAGINACEAE													
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	—	—								—	—	—	—
ONAGRACEAE													
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	—	—	—	—						—	—	—	—
<i>Oenothera rosea</i> L'Her. ex Aiton								—	—	—	—	—	
ORCHIDACEAE													
<i>Aulosepalum piramidales</i>							—	—					
<i>Bletia campnulata</i> Dressler											—	—	—
<i>Dichromanthus aurantiacus</i> Spiranthes	—	—	—									—	—
<i>aurantiaca</i> (Lex.) Hemsl													
<i>Dichromanthus cinnabarinus</i> Spiranthes	—											—	—
<i>cinnabarinus</i> (Lex.) Hemsl													
<i>Habenaria clypeata</i> (novemfida) Lindl.	—										—	—	
<i>Malaxis myurus</i> (Rchb.f.) Kuntze											—	—	—
<i>Spiranthes llaveana</i> Lindl.											—	—	
OXALIDACEAE													
<i>Oxalis corniculata</i> L.										—	—		
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.									—	—	—	—	
<i>Oxalis tetraphylla</i> Cav.											—	—	
PASSIFLORACEAE													
<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	—				—	—		—		—	—	—	—
PHYTOLACCACEAE													
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
PLUMBAGINACEAE													
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	—	—	—	—	—			—		—	—	—	—
POLEMONIACEAE													
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand		—	—	—	—	—	—	—			—	—	—

FAMILIA/Especie	mes (2005-2006)												
	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
PORTULACACEAE													
<i>Portulaca mexicana</i> P. Wilson	—	—						—	—	—	—	—	—
<i>Portulaca pilosa</i> L.	—	—	—							—	—	—	—
RESEDACEAE													
<i>Reseda luteola</i> L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ROSACEAE													
<i>Rubus liebmannii</i> Focke								—	—	—	—	—	
RUBIACEAE													
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlecht	—	—	—	—				—	—	—	—	—	—
<i>Crusea longiflora</i> Willd. ex Roem. et Schult.	—	—									—	—	—
SAPINDACEAE													
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	—	—	—					—	—	—	—	—	—
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	—	—	—	—			—	—	—	—	—		
SCROPHULARIACEAE													
<i>Lamourouxia rhinanthifolia</i> Kunth	—									—	—	—	
<i>Lamourouxia tenuifolia</i>	—									—	—		
<i>Penstemon roseus</i> (Sweet) G. Don	—									—	—	—	—
<i>Penstemon campanulatus</i> (Cav.) Willd.	—	—										—	—
SOLANACEAE													
<i>Datura stramonium</i> L.										—	—	—	
<i>Nicotiana glauca</i> Graham		—	—	—	—	—	—	—					
<i>Physalis chenopodifolia</i> Lam.									—	—	—		
<i>Physalis costomati</i> Dunal	—											—	—
<i>Physalis patula</i> Mill.									—	—			
<i>Solanum bulbocastanum</i> Dunal							—	—	—	—			
<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens et Galeotti	—	—	—			—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Solanum rostratum</i> Dunal								—	—	—	—		
VALERIANACEAE													
<i>Valeriana sorbifolia</i> Kunth	—	—									—	—	—
VITACEAE													
<i>Cissus sicyoides</i> L.	—	—	—							—	—	—	—