



247731

137
zej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Diagnóstico de las mariposas monarca hibernantes que intentaron alimentarse y la estructura del rodal del bosque donde se agrupó la colonia del Llano del Toro en la Sierra Chincua, Mich., durante la temporada de hibernación 1993-1994.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A

EDUARDO RENDON SALINAS

DIRECTOR DE TESIS
DR. ALFONSO ALONSO MEJIA



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

1997



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



BIBLIOTECA
INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNAM

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD DE ALABAMA
LIBRARY



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Diagnóstico de las mariposas monarca hibernantes que intentaron alimentarse y la estructura del rodal del bosque, donde se agrupó la colonia del Llano del Toro en la Sierra Chincua, Mich., durante la temporada de hibernación 1993-94.
realizado por Eduardo Rendón Salinas

con número de cuenta 8533442-5 , pasante de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dr. Alfonso Alonso Mejía
Propietario Biól. Roberto A. Cabrales Vargas
Propietario Dr. Raúl Salas Gonzalez
Suplente Dr. Jorge A. Meave del Castillo
Suplente Dr. Alberto Ken Oyama Nakaqawa

Consejo Departamental de Biología

COORDINACION GENERAL
DE BIOLOGIA

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a los señores que me dieron la vida, Esperanza Salinas Badillo y Pedro Rendón Nuñez.

A mi hermano Martín y la memoria de tres hombres que representan el compromiso que siento por hacer algo en la vida. Mis abuelitos David Salinas y Martín Rendón, así como a la memoria de mi hermano Angel Gabriel Rendón Salinas que con el sacrificio de su vida dió lugar al impulso de mi familia.

A mis hermanos, sobrinos y cuñados junto a quienes he vivido y por quienes pretendo seguir luchando.

A todos y cada uno de los organismos que pueblan la Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca, especialmente a los hombres, a los oyameles y a las monarcas.

A mis profesores, gracias a quienes pude aprender parte del -extraordinariamente grande- campo cultural de la biología. Especialmente para los profesores; Hector Pérez Ruíz, Jesús Manuel León Cazares, David Benavides, Jorge Meave, Oscar Chávez, Carlos Castillo Pompeyo, Pedro García, Miguel Angel Palomino y Roberto Cabrales quienes no sólo me brindaron parte de sus conocimientos, sino que me dieron consejos acerca de la vida.

A mis primos Carlos Ponce y Ulises Rojas, junto a quienes pase momentos inolvidables durante la infancia, y quienes junto con David Ponce son de los primos más queridos por la cercanía que siempre hemos tenido.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a mi comité tutorial por las molestias que en la revisión de esta tesis se ha tomado. Gracias al Dr. Jorge Meave quien ha sido uno de los mejores profesores que durante y después de la carrera me ha ayudado con sus valiosos comentarios y enseñanzas. Gracias al Dr. Ken Oyama quien sin obligación alguna me ha apoyado desde el momento en que lo conocí, y en quien siento que puedo confiar en cada momento. Gracias al Dr. Raúl Salas que para mi significa un gran ejemplo de constancia y lucha por lograr los objetivos de un buen mexicano. Gracias al Biólogo Roberto Cabrales, quien fue la primera persona que me enseñó el camino de la ecología y a quien admiro como una persona de las más brillantes que he podido conocer en la biología. Gracias al Dr. Alfonso Alonso que me dió la oportunidad de trabajar a su lado y de quien aprendí una buena parte de lo que conozco acerca de la mariposa monarca. Además, junto a quien encuentre el rumbo de lo que he decidido sea mi vida profesional.

A mis padres, las personas más importantes en mi vida y gracias a quienes he podido disfrutar de este milagro que es la vida. Agradezco a mi primer gran maestro, el mecánico Pedro Rendón Nuñez, que con su ejemplo de trabajo me enseñó a no rendirme fácilmente, tratando de terminar cada uno de los proyectos que comienzo. Gracias "Jefe" por haberme enseñado a trabajar y haber mantenido a la familia de la cual me honro formar parte.

Sin duda el agradecimiento más importante de toda mi vida, es para la mujer que nos dió vida a 9 hermanos y quien -no se, hace cuantos años con el matrimonio- inició una aventura difícil, la cual no obstante los problemas, las carencias e incluso las tragedias ha podido dar la fuerza y estabilidad a una familia. A ti "Doña Esperanza" que representas en mi existencia la fuerza y el amor tan intenso que afortunadamente puedo experimentar y que sólo he aprendido a tu lado; Gracias "Ma".

A mi carnal "Mati" que con su ejemplo de lucha y constancia definió el camino de una buena parte de mi vida y quien me enseñó la reciedumbre que los hombres libres y dignos deben tener para seguir viviendo.

Especialmente a mi alma gemela "Ady", por haberme aconsejado seguir con los estudios de biología cuando me encontraba desanimado y quien ha comprado, junto con mi "Ma", la mayor parte de la ropa que he podido vestir.

A mis hermanos Emigdia, Martín, Pedro, Gabriel †, Luisa, Judith, Aida y mi carnal Paco; de quienes tengo recuerdos que viven en mi corazón cada momento y por quienes lucho cada instante para que puedan estar orgullosos de mi. A mis sobrinos Gaby, Ray, La

Kika, Fabis, El Güero, El Gordo, El Chiquis, Cecy, Bere, El Vale, La Güera, Perlita, Juditas, Chenchó, Sandrita, Jorgito, Ailin, Brendita y los retoños de angel y de Ray.

A mi cuñada Leticia Reyes, quien más bien representa la hermana que durante mucho tiempo sirvió mis platos cuando comía para ir a trabajar, a la escuela y quizá a todas partes, gracias Lety por haberme escuchado siempre. A mis cuñados Sandra, Sergio, José y Juan José con quienes he vivido sin duda momentos inolvidables y quienes me han ayudado siempre que los he necesitado.

A todos mis amigos, de quienes estoy seguro no necesitan estar escritos sus nombres, ya que he tratado siempre de mostrarles mi aprecio. A los señores Alonso que han infundido en mí el respeto que una pareja debe poseer para poder vivir feliz. A Luz Lazos que me dio la pista de Alfonso Alonso y me brindó ayuda en la realización de la presente tesis.

Quiero nombrar especialmente a dos personas muy importantes en mi vida durante la permanencia académica; el Gume que fue la primer persona con quien tuve el gusto de conversar al inicio de la carrera y con quien siempre cuento. A Eneida "La Morra" que se consagró en la última parte de mi carrera como el apoyo más importante, brindándome generosamente su amor, comprensión y ternura. Gracias "Morra" por haberme ayudado siempre, desde la ayuda con la materia de Anatomía hasta el trabajo de campo y escritura de la presente tesis.

No podía faltar una de las personas que desde que inicié la carrera ha estado siempre a mi lado, Jesús García, de quien he aprendido gran cantidad de cosas y canciones. Uno de los más respetables ejemplos de fortaleza moral que he podido disfrutar. Gracias "Don Chucho".

Gracias a Don Alejandro Mondragón, Abel Cruz, Rubén Tellez, Don Plácido, Eligio García, Mario Domínguez, Lucy Neyra, Mauricio Trejo y Mauro Reyna, quienes como parte del personal del Instituto Nacional de Ecología han permitido la realización de la presente tesis en los mejores términos posibles. A mis amigos de la PROFEPA, Arroyo, Heraclio, Chepe, Alejandro, Hugo, Rafa, Gus, Lupe y Javier. Quienes me permitieron compartir sus conocimientos y buenos momentos del deporte.

Quiero mencionar particularmente a Raúl, Horacio y Rubén Pérez quienes me han ayudado en la escritura y análisis del presente estudio y junto a quienes formo parte del laboratorio del Dr. Miguel Franco a quien le doy las gracias, especialmente por haber creído en mí desde el primer día que nos conocimos, a quien admiro profundamente y a quien prometo seguir poniendo todas mis fuerzas para continuar adelante y no defraudar su confianza.

Contenido

Resumen

| | |
|---|----|
| I. Introducción | 1 |
| 1.1 Presentación del problema | 1 |
| 1.2 Aspectos generales en la autoecología de la mariposa monarca | 3 |
| 1.2.1 Migración | 3 |
| 1.2.2 Ciclo anual y ciclo de vida | 4 |
| 1.2.3 Hibernación en México | 7 |
| 1.2.4 Remigración hacia el norte | 9 |
| 1.3 Descripción del área de estudio | 10 |
| 1.3.1 Localización | 10 |
| 1.3.2 Clima | 12 |
| 1.3.3 Tipo de vegetación en la zona de estudio | 13 |
| 1.3.4 Condiciones socioeconómicas | 15 |
| 1.4 Objetivos generales | 17 |
| II. Condición física y energética de las monarcas hibernantes en México | 18 |
| 2.1 Introducción | 18 |
| 2.2 Objetivo | 19 |
| 2.3 Material y método | 19 |
| 2.4 Resultados | 21 |
| 2.5 Discusión y conclusiones | 26 |
| III. Estructura del rodal del bosque y simulaciones silvícolas | 29 |
| 3.1 Introducción | 29 |
| 3.2 Objetivos | 31 |
| 3.3 Material y método | 31 |
| 3.4 Resultados | 32 |
| 3.5 Discusión y conclusiones | 36 |
| IV. Cobertura del dosel y frecuencia de plantas del sotobosque floreciendo | 39 |
| 4.1 Introducción | 39 |
| 4.2 Objetivos | 39 |
| 4.3 Material y método | 39 |
| 4.4 Resultados | 41 |
| 4.5 Discusión y conclusiones | 45 |
| V. Conclusiones generales | 48 |
| VI. Literatura citada | 50 |

Resumen

Las mariposas monarca (*Danaus plexippus* L.) que hibernan en México son las poblaciones que emergen como adultos en el este de Norteamérica con respecto a las montañas Rocallosas. Estas mariposas migran hasta el Eje Neovolcánico, lugar en el que encuentran la protección de los bosques de oyamel y donde para el mes de diciembre establecen las colonias de hibernación.

Durante la hibernación de 1993-94 se colectaron -cada mes- 200 mariposas monarca en la colonia del Llano del Toro en la Sierra Chincua, Michoacán, México. Las muestras consistieron en la captura de 100 monarcas posadas en plantas con flores intentando alimentarse, a estas monarcas se les denominó mariposas de "néctar". Las otras 100 monarcas fueron colectadas de las agrupaciones en las ramas de los árboles y se denominaron mariposas "perchadas", estas mariposas fueron consideradas -en este estudio- como la muestra general de las poblaciones hibernantes.

Una vez que se compararon las propiedades energéticas entre los dos tipos de muestra se determinó que las mariposas que intentan alimentarse durante la hibernación son monarcas con bajas concentraciones de lípidos. Al final de la temporada, estas mariposas no poseen las propiedades adecuadas para viajar con altas probabilidades de éxito en la remigración hacia el norte. Por su parte, las mariposas "perchadas" presentan lípidos que durante toda la temporada representan el doble de los lípidos que las de "néctar" poseen.

Con estos resultados se apoya el argumento de que las mariposas "perchadas", que presentan mayor porcentaje de grasas, son la que poseen mayores probabilidades de completar la remigración hasta los sitios de crianza norteros; además, se pudo determinar que dichas mariposas presentan propiedades físicas mayores en talla, peso húmedo y contenido de proteínas estructurales que las mariposas de "néctar".

Se tomaron registros del diámetro a la altura del pecho de todos los árboles de oyamel a partir de los 0.5 cm de diámetro, con estos datos se determinó que el rodal donde se estableció la colonia de monarcas estudiada presenta bajos niveles regeneración natural y en consecuencia experimenta problemas en el reclutamiento de individuos a cada una de las categorías de edades.

Mediante muestras de anillos de crecimiento se pudo conocer que el rodal esta dominado por individuos juvenes. La longevidad del oyamel es de 200 años y los árboles con mayor diámetro en este bosque presentan edades que van de los 90 a los 115 años.

Con los datos de la estructura de edades se realizaron proyecciones de manejo silvícola. Se pudo conocer que aún tratándose de bosques de zona núcleo dentro de la reserva, el realizar alguna modalidad de aprovechamiento maderable puede atentar con la permanencia de estos bosques. No obstante, las condiciones teóricas de calidad de sitio y regeneración constante que el modelo utiliza, los resultados de las simulaciones demuestran el riesgo en que se pone al bosque con la corta de árboles.

Se encontró que aproximadamente el 53% de la superficie forestal de este santuario se encuentra sin cobertura arbórea, determinándose que la mayor causa de apertura del dosel del bosque fue producida por la corta de árboles que se realizaba en otros tiempos en estas montañas. Los llanos naturales representan menor proporción que los claros causados artificialmente.

En un análisis de la frecuencia de plantas en floración y su relación con el tipo de apertura que ocasiona la entrada de luz al sotobosque se determinó que, de las 30 especies que presentan flores durante la temporada de hibernación, solo la frecuencia de floración de una de ellas parece tener relación positiva con la apertura artificial.

La Reserva Especial de la Biosfera Mariposas Monarca (REBMM) fue creada para la protección del fenómeno de hibernación de la monarca, pero en la actualidad los propietarios de los predios, donde fue establecida esta zona protegida, claman por que se les permita aprovechar las zonas núcleo de la reserva. El principal argumento es la necesidad económica que los pobladores experimentan, y al mismo tiempo las necesidades de saneamiento que los bosques necesitan.

Ante dichas proposiciones, y con base en el conocimiento de la biología de la monarca que hasta la fecha se ha generado se propone que las peticiones de los ejidatarios sean estudiadas con mucha conciencia, ya que las zonas núcleo poseen los bosques más importantes en la dinámica de la hibernación de la mariposa, de manera que al realizar acciones equivocadas podríamos estar atentando contra la permanencia de la hibernación en los santuarios de Michoacán y el Estado de México.

La evidencia de la estructura de edades del bosque y las proyecciones silvícolas apuntan hacia una seria necesidad de realizar estudios de la demografía del oyamel. De continuar los aprovechamientos que hasta la fecha se realizan y que son la causa principal del deterioro del bosque se atenta contra la existencia de este ecosistema, con efectos directos principalmente en las poblaciones humanas ya que perderían los beneficios que reciben por los aprovechamientos.

I. Introducción

1.1 Presentación del problema

La migración de las mariposas monarca (*Danaus plexippus* L.) es sin lugar a dudas uno de los eventos naturales más impresionantes en el planeta, ya que probablemente se trata del mayor desplazamiento -en número- de individuos de la misma especie. La hibernación, por su parte, resulta no menos importante. Al agruparse estos insectos en los bosques donde permanecen durante la temporada invernal llegan a cubrir árboles enteros en una extensión de 0.3 a 2.5 ha por colonia (Calvert y Brower 1986), conformando así un espectáculo único en el mundo.

La mariposa monarca se considera una especie cosmopolita ya que su presencia ha sido registrada en un muchos lugares del mundo, pero sólo en el norte de América se presenta la migración y la hibernación. Aunque en Australia existen sitios donde se agrupan monarcas en el invierno, al parecer este fenómeno se debe a una contracción del área de distribución original de las monarcas (Smithers 1977). México cuenta con las mayores agrupaciones de monarca, ya que en nuestro territorio se concentra la mayoría de las mariposas que migran desde el norte del continente para hibernar (Fig. 1.1).

El presente trabajo pretende relacionar el conocimiento sobre aspectos autoecológicos de la mariposa monarca con las condiciones en las que se encuentran los bosques mexicanos de oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. et Cham.) en donde hiberna. Es de nuestro interés obtener conocimientos objetivos acerca de los fenómenos que se llevan a cabo durante la hibernación de estos lepidópteros, contribuyendo así a crear las bases científicas para la planeación de programas de recuperación, conservación y manejo de los recursos maderables que la reserva de la monarca posee, sin afectar negativamente los procesos naturales presentes en estos sitios.

Los bosques de la Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca (REBMM) están sujetos actualmente a una gran presión por parte de los pobladores de la región, ya que los aprovechamientos forestales representan un aporte económico importante para las familias de los

ejidatarios que poseen la propiedad de los terrenos en donde se estableció esta área natural protegida. La REBMM fue constituida en 1986 por el Gobierno Mexicano (Diario Oficial de la Federación 1986) con un decreto que protege principalmente cinco santuarios que se consideraron los más importantes en la conservación del fenómeno de hibernación de las monarcas.



Figura 1.1 Rutas migratorias de la monarca. Se observan las dos principales rutas migratorias y sitios de hibernación de las poblaciones de mariposas monarca norteamericanas. Una tercer ruta propuesta es cruzando el Golfo de México y saliendo de los EUA por la Florida (Urquhart 1976 ; Brower 1977); sin embargo, de estas mariposas no se conocen los sitios de hibernación. Modificado de Brower (1995).

1.2 Aspectos generales en la autoecología de la mariposa monarca

1.2.1 Migración

Las poblaciones de mariposas monarca que viven en el norte de América -Canadá y los EUA- pueden ser divididas en dos grupos de acuerdo a los sitios en donde pasan el invierno. Por un lado, las mariposas que hibernan en California emergen al noroeste de las Montañas Rocallosas en Norteamérica (Urquhart 1976). Las que hibernan en el Eje Neovolcánico (Fig. 1.1), en el Estado de México y Michoacán, Méx., emergen al este de las Montañas Rocallosas en el sur de Canadá y norte de los EUA (Urquhart 1976, Brower 1977).

Es posible la existencia de una tercer ruta de migración. Urquhart (1976) ;menciona que mariposas de la población del este vuelan hacia el sur por la península de Florida y propone que entran por Yucatán hacia Centroamérica. L.P. Brower (com. pers.) ha observado que efectivamente la Florida es utilizada como ruta por mariposas que vuelan hacia el sur. Se supone que éstas utilizan las islas del Caribe como puente para tocar continente en la península de Yucatán. Los sitios de hibernación para esta ruta, si es que los hay, aún no han sido registrados. También se propone la posibilidad de que las mariposas crucen volando el Golfo de México (Fig. 1.1).

La migración de las mariposas monarca les permite a estos organismos hibernar en lugares más al sur, escapando así de las temperaturas extremadamente bajas presentes en el invierno en los sitios norteños de crianza; además, durante este período de invierno en el norte del continente no se presentan las plantas hospederas (*Asclepias*) de las larvas de las monarcas.

Las mariposas que hibernan en los bosques mexicanos inician la migración hacia nuestro país en septiembre y principios de octubre, con una dirección suroeste hasta pasar por el estado de Texas. Al llegar a la Sierra Madre Oriental cambian la dirección de su trayectoria hacia el sur, hasta llegar a la parte central de México, específicamente al Eje Neovolcánico. Para la segunda quincena de noviembre forman colonias

densas de mariposas que utilizan los bosques de oyamel como refugio de invierno (Calvert y Brower 1986).

Las colonias que se conocen se encuentran en las localidades de la Sierra Chincua, Chivatí-Huacal, Sierra el Campanario, Cerro Altamirano y San Andrés en los Azufres en el estado de Michoacán, para el Estado de México las colonias de monarca que se han observado son las de El Cerro Pelón, Herrada, Palomas, Picacho y San Francisco Oxtotilpan.

1.2.2 Ciclo anual y ciclo de vida

La generación de adultos que migra hacia el sur es la que en general emerge durante los meses de septiembre y octubre en los sitios norteños de crianza (Fig. 1.2). Estas mariposas tienen la particularidad de no poseer órganos reproductivos maduros y viven alrededor de seis a siete meses. Estas características la hacen diferir de las otras generaciones de adultos que emergen sexualmente maduras y viven de cuatro a cinco semanas en los sitios donde permanecen durante toda su vida (Alonso-Mejía y Arellano 1989).

Al parecer, las diferencias entre la generación diapáusica (no reproductiva) y las no diapáusicas están bien definidas en el tiempo. K. Oberhauser (com. pers.) ha observado que las mariposas que emergen en Minnesota después del 15 de agosto son reproductivamente inmaduras, mientras que las que emergen antes de esa fecha lo hacen como adultos maduros.

La regionalización del ciclo anual de la mariposa monarca (Fig. 1.2) se ha determinado con base en técnicas cromatográficas. Éstas demuestran que según sea la especie de *Asclepias* que las larvas hayan comido, será la calidad y cantidad de glucósidos cardíacos que presentan los adultos como huella de estos compuestos (Malcolm *et al.* 1992). De esta manera, se ha visto que la generación que se cría a finales del verano y principios del otoño y que migra al sur presenta la huella de *Asclepias syriaca*, que es la especie más abundante en los sitios donde emergen las mariposas que llegan cada año a nuestro país para pasar el invierno.

Alonso-Mejía y Arellano (1989) mencionan que la inmadurez reproductiva que presentan los adultos migrantes podría explicarse por

la influencia del fotoperíodo sobre las pupas que darán origen a la generación especial que migra, de tal forma que durante esta fase y parte de la etapa adulta, se presenta una supresión de la hormona juvenil (estado de diapausa), que es la encargada de la maduración de los tractos reproductivos. Con esto, las mariposas que llegan a los sitios de hibernación, tanto en el Eje Neovolcánico como en California, tienen una capacidad reproductiva similar, aunque al parecer las hibernantes de California se aparean primero debido a una maduración más rápida de sus órganos reproductivos (Herman *et al.* 1989).

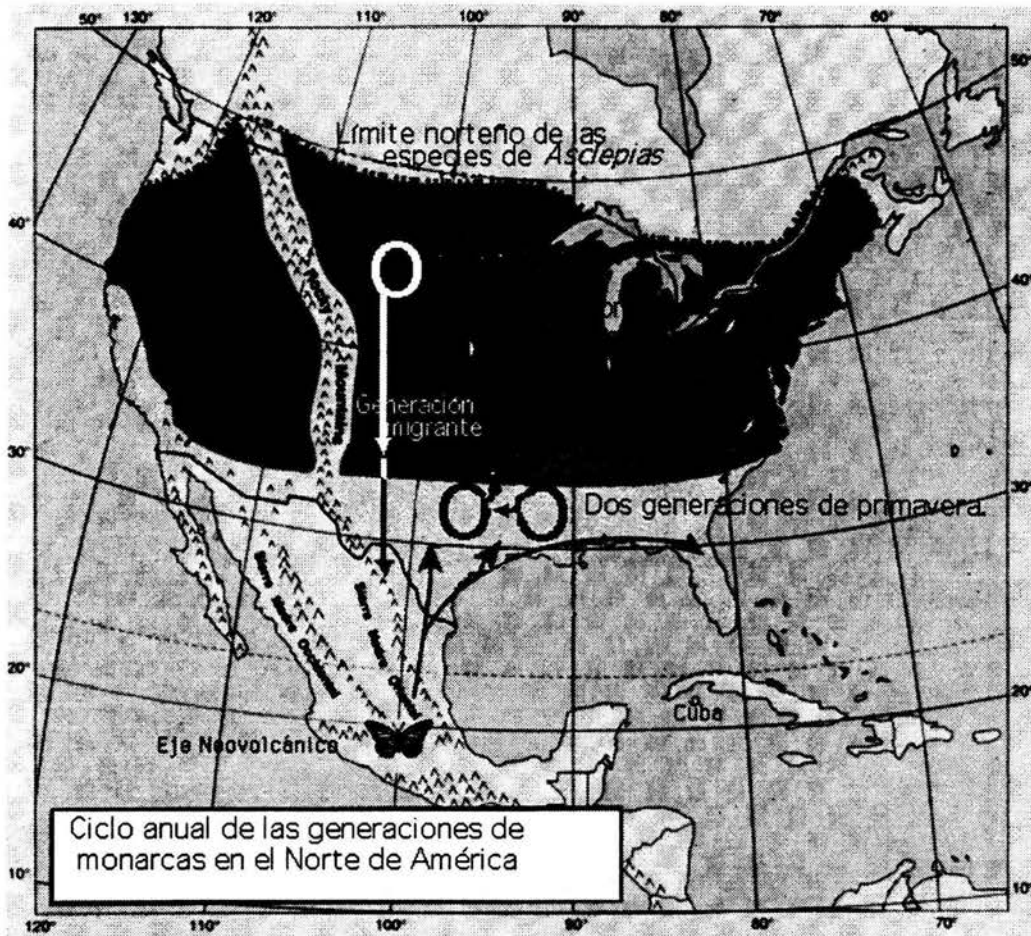


Figura 1.2 Ciclo anual de la mariposa monarca norteamericana. Se muestra una representación de las generaciones de mariposas que se observan anualmente. Como se puede ver, son cinco generaciones; cada círculo es una generación. Pueden haber una o dos generaciones en el sur de EUA y las restantes se presentan en la región de los Grandes Lagos (A. Alonso-Mejía com. pers.). Modificado de Brower (1995).

Las mariposas viajan en promedio 73 km diarios aunque llegan a recorrer hasta 350 km en un sólo día de migración y se alimentan de néctar de plantas con flores que encuentran a su paso (Alonso-Mejía y Arellano 1989). Una vez que las mariposas se establecen en colonias de hibernación se agrupan en racimos densos, perchándose en las ramas y en los troncos del oyamel.

Con respecto al ciclo de vida de la mariposa monarca (Fig. 1.3), se ha visto que la temperatura juega un papel muy importante; parece que según la región donde se desarrollan las diferentes fases de una generación, éstas tendrán duraciones diferentes en función de la temperatura a la que estén expuestas (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Permanencia de los estadios del ciclo de vida. Se enlistan algunos datos de los días de permanencia y de la temperatura a la que estuvieron expuestos los estadios en diferentes estudios.

| Estadios | Tiempo | Temperatura | Autor |
|----------|-------------|-------------|--------------------|
| Huevo | 3 ó 4 días | 30°C | Wells y Wells 1992 |
| | 8 a 12 días | 18°C | Urquhart 1960 |
| Larva | 10 días | 35°C | Urquhart 1960 |
| | 38 días | 7°C | Zaluki 1980 y 1982 |
| Pupa | 9 a 15 días | Variable | Wells y Wells 1992 |



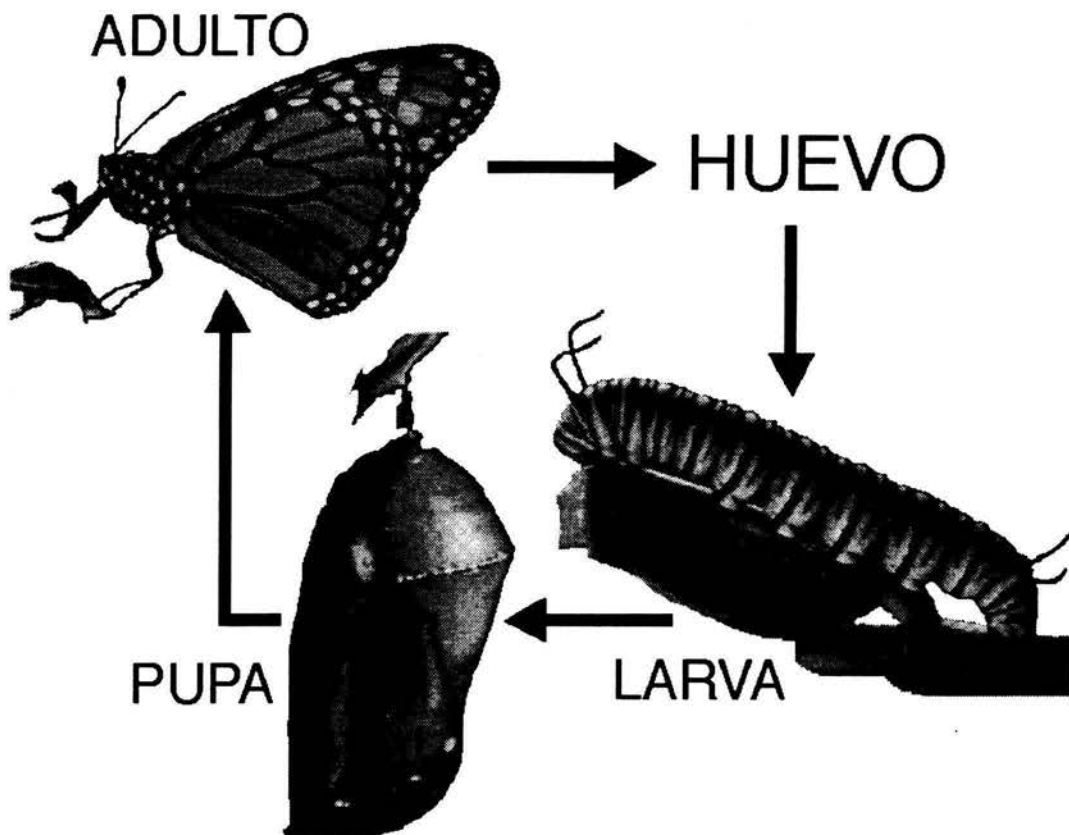


Figura 1.3 Ciclo de vida de la monarca. Las monarcas son insectos holometábolos que poseen cuatro estadios o metamorfosis completa. Los huevos son ovipositados por la hembra en especies de la familia Asclepidaceae y las larvas que eclosionan pasan por cinco etapas larvarias que se pueden caracterizar por las diferencias de tamaño, aunque de idéntica morfología. Las pupas son de color verde con una corona de puntos dorados en la parte superior engrosada, al parecer esta corona es la razón del porqué se les llama monarcas (L.P. Brower y L. Snook com. pers.). Los adultos presentan coloración naranja con tonalidades cafés en las escamas de las alas y las escamas de las nervaduras son negras.

1.2.3 Hibernación en México

Desde mediados de noviembre hasta mediados de febrero, las colonias permanecen estables en el sitio donde originalmente se formaron las agrupaciones, aunque en ocasiones pueden presentar un desplazamiento mínimo. En la segunda mitad de febrero las temperaturas se incrementan y la humedad disminuye en los lugares en los que se alojan las mariposas; por ello, éstas se desplazan notablemente

en masa pendiente abajo en busca de lugares más húmedos. El movimiento está determinado generalmente por la dirección de los arroyuelos, cerca de los cuales se agrupan la mariposas cuando inicia la hibernación.

Los movimientos de las colonias de mariposas pueden estar determinados por los diferentes niveles de luz y velocidad del viento (Leong 1990), así como de la temperatura y la humedad. Estos factores, sumados a la evaporación del agua, determinan el movimiento de las mariposas.

Cuando las mariposas se mueven individualmente, se desprenden de los racimos que forman en las ramas de los oyameles para buscar fuentes de agua (Hill *et al.* 1976 en Wells y Wells 1992). Calvert y Brower (1986) han discutido la posibilidad de que vuelos de este tipo sean efectuados por las mariposas para buscar néctar.

Durante la hibernación en México existe una cierta mortalidad que se origina por diversas causas. La depredación por aves es la más importante, en particular la efectuada por pinzones y calandrias (Calvert *et al.* 1979, Fink y Brower 1981). Por otra parte, Glendinning *et al.* (1988) calcularon que caen diariamente unas 64,000 mariposas al suelo, de las cuales el 92% son vivas, el 6% son restos de monarcas depredadas por aves, 1% son moribundas sin daño físico y 1% están muertas sin causa obvia.

Las especies de aves que depredan a las monarcas son las calandrias *Icterus parisorum* Bonaparte, *Icterus abeillei* Lesson y los pinzones de la especie *Pheucticus melanocephalus* Swainson (Calvert *et al.* 1979). Brower y Calvert (1985) calcularon que un 9% de la totalidad de una colonia de 2.25 ha son depredadas por aves, de acuerdo a la densidad que estimaron de 10 millones de mariposas por hectárea.

La evidencia sobre la depredación indica que ésta es mayor en sitios periféricos de la colonia y en donde el arbolado es joven (Brower y Calvert 1985). Montesinos-Patiño (1996) analizó con más detalle este aspecto de la depredación diferencial con respecto a las características del dosel del bosque, y presenta evidencia de que efectivamente las aves pueden depredar más en sitios donde la cobertura del dosel del bosque es menor.

Calvert *et al.* (1983) proponen que las nevadas y tormentas invernales que se presentan esporádicamente, así como el gasto de lípidos por actividad excesiva de las monarcas son causas de mortalidad considerables. Además, afirman que las fluctuaciones climáticas extremas en los lugares del bosque con aperturas grandes del dosel significan un peligro para la mariposa, ya que los descensos extremos en la temperatura de estos lugares provocan altos índices de mortalidad en las colonias de hibernación.

Cuando las temperaturas aumentan en febrero, las monarcas producen mayores cantidades de la hormona juvenil y con esto se rompe la diapausa reproductiva, dando lugar a la maduración de los tractos reproductivos. En pocos días los adultos -maduros sexualmente- inician las actividades de apareamiento para dar inicio a la reproducción, con la fecundación en tierras mexicanas, desde donde las hembras que parten en la remigración hacia el norte han sido copuladas.

1.2.4 Remigración hacia el norte

Después de alrededor de un mes de actividades de apareamiento, las mariposas que sobrevivieron hasta el final de la hibernación parten en la remigración hacia el norte, estas monarcas llegan hasta el sur de los EUA, donde las hembras ovipositan en plantas del género *Asclepias* de la familia *Asclepiadaceae*; dichas plantas son notables por su toxicidad hacia los vertebrados debido a que contienen metabolitos secundarios como los glucósidos cardíacos que causan vómito (Brower 1984, Zalucki y Brower 1992).

Las larvas que eclosionan de los huevos secuestran los cardenólidos de sus hospederos y los utilizan como defensa química ante sus depredadores. Malcolm y Brower (1989) establecen que la monarca remigrante desde México explota principalmente tres especies de plantas hospederas en el sur de los EUA, *A. humistrata*, *A. viridis* y *A. asperula*. En esa región se producen una o dos generaciones entre las que arribaron y las que volarán para completar la repoblación en el norte (Malcolm *et al.* 1987). Posteriormente nacen tres o cuatro generaciones (Fig. 1.2), dependiendo de cuantas nacieron en el sur y éstas se alimentarán en

mayor proporción de *A. syriaca*, la cual es la planta hospedera más abundante disponible en el norte de EUA y el sur de Canadá (Malcolm *et al.* 1992).

La selección de plantas de las especies de la familia Asclepiadaceae que las monarcas hembras llevan a cabo durante la oviposición juega un papel central en la biología de las mariposas. Éstas utilizan 27 de las 108 especies que se encuentran en Norteamérica, debido a que prefieren plantas que poseen concentraciones intermedias de glucósidos cardíacos (Malcolm y Brower 1989).

1.3. Descripción del área de estudio

1.3.1 Localización

Los santuarios protegidos por la REBMM incluyen un total de 16,110 ha de las cuales 4,490.5 ha pertenecen a lo que se conoce como **zonas núcleo**. Para éstas se decretó la veda total de cualquier tipo de aprovechamiento de los recursos naturales, quedando establecidas como reservorio del fenómeno de hibernación y banco genético de las especies que ahí se encuentran. Las restantes 11,619.5 ha se clasificaron como **zonas de amortiguamiento**. Estas últimas tienen como objetivo la protección de las zonas núcleo y en ellas se permiten aprovechamientos forestales.

Los sitios donde se establecen las colonias de monarcas son montañas del Eje Neovolcánico entre los 100°07' y los 100°20' de longitud oeste, y los 19°06' y 20°00' de latitud norte. Los cinco santuarios protegidos como parte de la REBMM se encuentran en el límite estatal oriente de Michoacán y poniente del Edo. de México. Dichos santuarios se enlistan en la tabla 1.2 y sólo los Cerros Chivatí-Huacal se encuentran en su totalidad en el estado de Michoacán.

El trabajo de campo se realizó en el santuario conocido como Sierra Chincua, este es designado como área de investigación por el decreto de 1986 y es considerado el más conservado de los que incluye la reserva, aunque en la actualidad ha sido abierto al público en general,

como una medida de apoyo económico para los ejidos de Cerro Prieto y Remedios.

Tabla 1.2 Santuarios protegidos por la REBMM. Santuarios decretados como sitios de reserva para la hibernación de las monarcas en 1986. Cabe mencionar que en 1980 ya se había pronunciado un decreto que protegía en general a todos los lugares donde las mariposas establecieran colonias de hibernación, el cual sigue vigente para los sitios que no son considerados por la reserva.

| Santuario. | Municipio | Estado |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| Sierra Chincua | Angangueo | Michoacán |
| | Senguio | Michoacán |
| | Aporo | Michoacán |
| | Ocampo | Michoacán |
| | Tlalpujahuá | Michoacán |
| Cerro Pelón | Sn. Felipe del Progreso | Edo. de Méx. |
| | Zitácuaro | Michoacán. |
| | Donato Guerra | Edo de Méx. |
| Chivatí-Huacal | Villa de Allende | Edo de Méx. |
| | Zitácuaro | Michoacán |
| Sierra Campanario | Ocampo | Michoacán |
| | Angangueo | Michoacán |
| | Ocampo | Michoacán |
| Cerro Altamirano | San Felipe del Progreso | Edo de Méx. |
| | Contepec | Michoacán |
| | Temascalcingo | Edo de Méx. |

Desde la Ciudad de México se puede llegar por la carretera libre a Morelia, tomando la desviación de San Felipe de los Alzati -que se encuentra 5 km después de Zitácuaro- lugar desde donde se tienen que recorrer unos 42 m hasta las montañas de Chincua.

En este trayecto uno se encuentra con Ocampo y Angangueo, dos poblados que representan cabeceras municipales. Desde Angangueo se puede seguir en dirección de San José del Rincón Edo. de México, y a 8 km se encuentra el "Llano de las Papas", donde existe un centro de operaciones perteneciente al Instituto Nacional de Ecología (INE).

Las montañas se elevan por encima de los 3,100 msnm y su pico máximo es el Cerro Mirador que llega hasta los 3,300 msnm. Los muestreos se realizaron en la colonia de monarcas del Llano del Toro, ubicada a unos 3 km de las instalaciones del INE y a una altitud de 3,100 msnm, en el paraje conocido como la cañada del Arroyo Zapatero.

Esta localidad se ubica en el centro de México formando parte del Eje Neovolcánico. Este sistema montañoso delimita la Altiplanicie Mexicana en su extremo meridional, separándola de la depresión del Balsas. Se trata de una cordillera de origen volcánico que corre a lo largo del paralelo 19° donde se encuentran las montañas más altas del país, por ejemplo, El Pico de Orizaba (5,650 msnm) el Popocatepetl (5,450 msnm) y el Ixtaccíhuatl (5,280 msnm), entre otras. Sus elevaciones más importantes datan del Plioceno y del Pleistoceno y se pueden observar afloramientos de las rocas volcánicas que conforman estas montañas (Rzedowski 1986).

1.3.2 Clima

El clima para esta región del Eje Neovolcánico se puede considerar dentro del tipo C(w₂)(w)(b')(i') según la modificación de García (1988) a la clasificación mundial de Köppen. Esta fórmula climática corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en el verano y con temperatura media para el mes más frío que oscila entre los -3° como T.

mínima y 18°C de máxima, se presenta poca variación en la temperatura media anual.

La precipitación del mes más húmedo de la mitad del año que corresponde al verano es mayor de diez veces que la del mes más seco; la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm, aunque la precipitación anual es mayor que la que constituye el límite de los climas secos.

En esta región la precipitación orográfica aumenta en verano por los movimientos convectivos del aire y por la influencia de los ciclones tropicales. Dado que forma parte de las vertientes interiores de México, esta región presenta la mayor humedad de los climas C(w) clasificándola como C(w₂). La representación climática que se observa en la figura 1.4 y la caracterización del clima del área de estudio presentada se obtuvieron de García (1988).

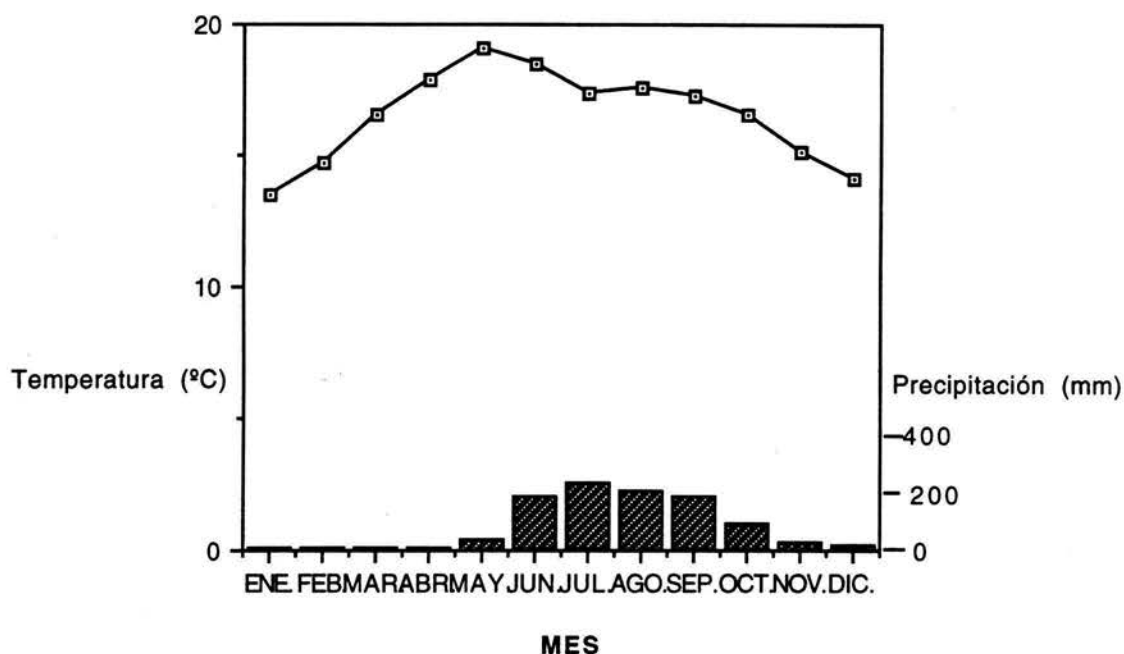


Figura 1.4 Climograma para la región de la monarca. Se muestra la curva que describe las temperaturas promedio mensuales durante el año. La precipitación promedio mensual se presenta en barras para esta región del país según la modificación de García (1988) a la clasificación de Köppen.

1.3.3 Tipo de vegetación en la zona de estudio

La Sierra Chincua se encuentra en la parte oriental del estado de Michoacán y los límites del estado de México, y forma parte del Eje Neovolcánico. Para Rzedowski (1986), esta cadena montañosa pertenece a la provincia florística de las Serranías Meridionales en la región Mesoamericana de Montaña; en lo que al reino se refiere, no es muy clara la ubicación de esta provincia debido a que posee componentes tanto Neotropicales como del reino Holártico.

En esta provincia, los bosques de *Pinus* y *Quercus* tienen importancia equivalente y son los que predominan. Los bosques de *Abies religiosa*, que son los que nos interesan en este estudio, se encuentran -en general para México- en las altas montañas del país, entre las que destacan precisamente las del Eje Neovolcánico (Rzedowski 1986).

Según Rzedowski (1986) los bosques mexicanos de *Abies* en los que predominan las fanerófitas son diferentes con los bosques boreales del Hemisferio Norte donde predominan las hemicriptofitas. Este autor menciona que las similitudes florísticas, faunísticas, fisionómicas y ecológicas que se establecen entre los bosques mexicanos y los bosques boreales que cubren las porciones septentrionales de Norteamérica y Eurasia no son suficientes para equiparar dichos tipos de bosques, ya que existe una gran diferencia en las condiciones climáticas a las que están sometidos unos y otros.

Rzedowsky (1986) menciona que los bosques de *Abies* se encuentran comúnmente entre los 2,400 y los 3,600 metros de altitud, y menciona haberlos encontrado en Jalisco hasta los 1500 msnm. Miranda (1952 en Rzedowski 1986) los citó hasta los 1700 msnm en Chiapas. Por último, Flores *et al.* (1971 en Rzedowski 1986) estimó que la superficie cubierta por este tipo de vegetación es del 0.16% del total de la superficie de la República Mexicana.

La presencia de *Abies* está condicionada por la alta humedad y su resistencia a la temperatura es considerable. A menudo el bosque de oyamel se presenta puro. Estas masas forestales se distribuyen sobre todo en el Eje Neovolcánico, donde domina el *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. *et* Cham. En condiciones naturales, estos bosques suelen ser densos dando condiciones de penumbra a los niveles inferiores; así, los estratos arbustivos y herbáceos se ven limitados. La altura varía de 20 y 40 e incluso hasta los 50 m. Las copas de los árboles presentan una forma triangular y se ramifican desde niveles relativamente bajos (Rzedowski 1986).

Basados en estudios de polen, Clisby y Sears (1955 en Madrigal 1967) determinaron que la presencia del género *Abies*, junto con otros como *Pinus*, *Picea*, *Taxodium*, *Quercus Ilex*, *Alnus* y *Salix* se remontan al Pleistoceno para el Valle de México. Lo anterior nos lleva a suponer un origen similar para los bosques de *Abies religiosa* de todo el Eje Neovolcánico.

Espejo *et al.* (1992) realizaron un estudio de vegetación en la Sierra Chincua y produjeron una lista florística que consta de 142 especies pertenecientes a 49 familias, dentro de las que destaca por la dominancia del paisaje, la Pinaceae con especies como el *Abies religiosa*,

Pinus michoacana Mtz. y *P. pseudostrobus* Lindl. Entre las plantas del sotobosque dominan claramente las compuestas y las labiadas con géneros como *Senecio* y *Salvia* respectivamente, que son los representados por un número mayor de especies.

Por último, Soto-Nuñez y Vázquez-García (1993), en un estudio de los santuarios centrales de la REBMM, determinaron cuatro causas principales a las que se deben las alteraciones en los bosques de oyamel de los santuarios de Chincua, El Rosario y Chivatí-Huacal. Estas son el aclareo de bosques para la ampliación de las zonas de cultivo, la explotación maderera inmoderada, los incendios imprudenciales y las actividades ganaderas.

1.3.4 Condiciones socio-económicas

Los comentarios presentados en esta parte son el resultado de tres años de observación y contacto con las gentes durante los frecuentes recorridos de campo que realizamos. Pero debido a la falta de autoridad profesional que nos compete en el campo del análisis social y económico creemos que existe la fuerte necesidad de un estudio antropológico serio y formal de la región.

Los problemas sociales y económicos a los que se enfrentan los ejidatarios dueños de los terrenos en los que fue establecida la reserva de la monarca se deben principalmente a que las poblaciones y comunidades rurales cuentan actualmente con un elevado número de habitantes, lo que trae como consecuencia que no se puedan cubrir las condiciones mínimas de vida, entendiéndose éstas como la obtención de los bienes y servicios que cubran las necesidades primarias de alimentación, vestido, servicios médicos, educación y empleo.

Los precios de los alimentos son en general elevados, de tal manera que sólo un sector reducido de la población tiene acceso a los alimentos que permiten un sano desarrollo y buena salud, como son la carne, el huevo, la leche y los granos. Este aspecto en buena medida se ve amplificado por la baja productividad de las tierras altas convertidas a la agricultura, de manera que las cosechas que se obtienen son pobres y en muchas ocasiones no llegan a cubrir el abastecimiento de granos

esenciales para las familias campesinas que resultan ser las más afectadas.

A lo anterior hay que agregar que un gran número de familias no cuentan con la posesión de tierras comunales y la obtención de empleo es difícil. Independientemente de los beneficios económicos que los aprovechamientos forestales representan estos no llegan a cubrir la necesidades que experimentan las familias de los ejidatarios quienes se ven obligados a salir también en busca de un trabajo que les permita satisfacer sus requerimientos.

La pobreza de la mayoría de los pobladores de esta región se puede reflejar fácilmente en la vestimenta. Los servicios asistenciales médicos y de salubridad son muy limitados y se restringen a pequeños hospitales que no cubren las necesidades médicas de la región ya que la gente se tiene que transportar hasta las ciudades más cercanas o incluso se ve en la necesidad de viajar hasta Morelia o Toluca, las respectivas capitales estatales.

El problema de la educación es grave, ya que independientemente de que existen núcleos poblacionales con escuelas, incluso a nivel de bachilleratos técnicos (como es el caso de Angangueo), los jóvenes no tiene la posibilidad de ir a estudiar debido a los altos costos del pasaje para poder llegar hasta las escuelas. Incluso el número de escuelas no es suficiente para los aspirantes propios del lugar, de manera que en muchos casos la falta de centros de estudio es el factor que determina el bajo promedio cultural de los pobladores de la región de la monarca.

El empleo, como ya se mencionó, es escaso o prácticamente no existe. La tala hormiga y el saqueo ilegal que se presentan en los bosques de la reserva son intensificados debido que los explotadores madereros persuaden a los pobladores de la región a incurrir en estos ilícitos, no obstante los bajos pagos que ofrecen.

Es evidente la necesidad de la planeación y el apoyo a proyectos productivos que, al lado de los aprovechamientos de los recursos puedan generar los beneficios económicos que impulsen una mejora en las condiciones de vida de los pobladores de la reserva. En un intento desesperado, éstos últimos proponen y presionan fuertemente por la modificación del decreto que los imposibilita de aprovechar forestalmente las zonas núcleo, sin reparar en el hecho de que terminar

con las masas forestales podría en el futuro traer por consecuencia que no quede nada aprovechable en la reserva.

1.4 Objetivos generales

Se pretende que el conocimiento generado por el presente estudio se consolide como un aporte, el cual sea considerado -en su justa dimensión- para la planeación de las acciones que se realicen tendientes a la conservación del fenómeno de hibernación de la monarca en México.

Esta tesis es un intento por integrar conocimiento acerca de la biología de las monarcas hibernantes con las condiciones de cobertura y edad del bosque mexicano donde se agrupan estos insectos en el invierno.

La existencia de necesidades alimenticias por parte de algunas monarcas durante la hibernación ha causado controversia. Por tal motivo, se pretende conocer la capacidad de las poblaciones de mariposas hibernantes en la administración de sus reservas energéticas. Para tal empresa, proponemos que no existe una necesidad alimenticia general por parte de estas poblaciones migrantes durante la hibernación.

Es de nuestro interés conocer la estructura de edades de los bosques de oyamel en los sitios de hibernación de la monarca; así mismo, determinar la calidad de la cobertura del dosel donde se agrupan las mariposas. En este sentido, proponemos la falta de regeneración natural -que ante la existencia de una gran proporción de claros del dosel- se ha visto limitada por la existencia de especies invasoras del sotobosque, las cuales dominan el terreno forestal y no permiten el establecimiento de nuevos individuos de oyamel.

II. Condición física y energética de las monarcas hibernantes en México

2.1 Introducción

Generalmente se considera a las monarcas que llegan cada año a hibernar a México como una generación especial de adultos no reproductivos en estado de diapausa. Estos insectos llegan al Eje Neovolcánico finalizando octubre y remigran al norte a finales de marzo, coincidiendo con el aumento de la temperatura por la entrada de la primavera. Las mariposas hibernantes llegan a permanecer hasta cuatro meses y medio en los bosques de oyamel de las montañas mexicanas.

Las generaciones de monarcas que completan su ciclo de vida en el norte (EUA y Canadá) durante la primavera y el verano poseen reservas de lípidos moderadas. En contraste, los adultos de la generación migrante, los cuales emergen a finales del verano y durante el otoño, no se desarrollan sexualmente y almacenan reservas de lípidos (Urquhart 1960). Dichas reservas lipídicas se incrementan durante el viaje migratorio hasta en un 500% debido a que las mariposas migrantes se alimentan del néctar de las flores que encuentran en su viaje hacia México (Alonso-Mejía y Arellano 1989). Este alimento es convertido en lípidos, los cuales constituyen las reservas energéticas que permiten a las mariposas pasar el invierno con un metabolismo basal en estado de letargo (Alonso-Mejía y Arellano 1989).

Los lípidos, principalmente los triglicéridos (TGL), representan el 45% del peso seco de las mariposas migrantes para ambos sexos. Más del 90% de los lípidos se presentan en el cuerpo graso del abdomen. Los azúcares consumidos por estas mariposas son oxidados directamente en energía o convertidos a TGL para ser almacenados (Brown y Chippendale 1974, Turunen y Chippendale 1980).

En otro estudio, Cenedella (1971) determinó que las grasas constituyen alrededor del 20% del peso húmedo del cuerpo de las hembras durante la migración, y estimó que los TGL comprenden cerca del 56% de estas grasas, con un 31% de colesterol. Los lípidos neutrales de ácidos grasos están compuestos esencialmente por ácido oleico (60%) y palmítico (30%). Con base en estas observaciones, se sustenta la

hipótesis de que estas grasas endógenas almacenadas durante el descenso del metabolismo -en la hibernación- son la fuente de la energía requerida para la remigración de primavera hacia el norte.

Las temperaturas por encima de los 14.5°C desgastan el contenido de lípidos de las mariposas en hibernación (Masters *et al.* 1988). Para las hembras, el apareamiento a finales de la hibernación es particularmente importante; los múltiples acoplamientos incrementan significativamente las reservas lipídicas en las hembras, ya que existe una transferencia energética de los machos vía los espermátóforos (Boggs y Gilbert 1979, Wells *et al.* 1990)

Las monarcas que sobreviven hasta el final de la hibernación regresan al sur de los EUA y las hembras ovipositan en las plantas de *Asclepias*. La selección de las plantas sobre las que se oviposita juega un papel importante en la biología de la monarca, ya que la sobrevivencia de las larvas se correlaciona directamente con la concentración de los glucósidos cardíacos presentes en las plantas y con el número de huevos depositados por las hembras (Zalucki y Brower 1992). Así, la densidad poblacional de la primera generación de las mariposas en el sur de los EUA está en función del número de hembras sobrevivientes de la hibernación mexicana que remigran al norte.

2.2 Objetivo

En este capítulo se pretende conocer si existen diferencias energéticas y de condiciones físicas entre mariposas que intentan alimentarse ver sus muestras de mariposas de las poblaciones hibernantes.

2.3 Material y Método

Para monitorear el efecto del gasto energético de las mariposas se capturaron cada mes monarcas posadas en flores como las muestras de mariposas que -dentro de la población migrante- presentan necesidades de alimentarse, a estas se les denominó mariposas de "néctar". Por otra parte, las mariposas que se capturaron de las ramas de los árboles -como

muestras de la población migrante en general- fueron denominadas "perchadas".

Se capturaron 200 mariposas cada mes (desde diciembre de 1993 a marzo de 1994) 100 mariposas de "néctar" y 100 mariposas "perchadas" de las agrupaciones en las ramas de los árboles . La captura de las mariposas perchadas se realizó en la colonia del Llano del Toro en la Sierra Chincua, Mich., y las mariposas de néctar se colectaron en las inmediaciones de la misma colonia.

Cada muestra mensual constó de 50 machos y 50 hembras para cada tipo de mariposas. Se utilizaron redes entomológicas y extensiones de la red para la captura de las mariposas en los árboles. Las mariposas que se colectaron fueron colocadas en bolsas enceradas con sus respectivas etiquetas y se les tomaron los datos de la longitud del ala derecha (como indicador de la talla) y el peso húmedo, con la ayuda de regla métrica de 10 cm y una balanza analítica (Sartorius 1205 MP), respectivamente; posteriormente las mariposas fueron introducidas en el refrigerador, donde fueron almacenadas hasta la realización de los análisis químicos del contenido de lípidos. El procedimiento en el análisis de lípidos se describe a continuación:

Para eliminar el agua las mariposas fueron secadas a 60° C por 16 horas y se registraron sus pesos secos. Se considera como peso seco de las mariposas al contenido lipídico sumado a los demás materiales constitutivos como las proteínas sin considerar el agua. Para la determinación de los lípidos, se utilizó el método de Walford (1980) y May (1992). Cada mariposa fue molida y homogenizada en un tubo de centrífuga con 20 ml de éter de petróleo, en un homogenizador Janke y Kunkel STD Ultra Turrax. Cada muestra fue suspendida en un vórtex y colocada en un medio en baño maría a 35-38°C por 30 min, resuspendiéndose con el vórtex cada 10 min. Los tubos fueron centrifugados en una centrífuga Dynac Clay Adams a 1000 RPM por 7 minutos y el sobrenadante fue decantado en un recipiente prepesado de aluminio, calentándose a 30°C. Se adicionaron 15 ml de éter para disolver los sólidos que permanecieron en el tubo de centrífuga, se repitió el procedimiento. Los recipientes con el sobrenadante fueron puestos a evaporar durante cuatro horas, dejando escapar así los materiales

diferentes de los lípidos, y posteriormente se pesaron los recipientes de aluminio que contenían los lípidos.

El contenido lipídico se obtuvo a partir de la diferencia de pesos registrada para el recipiente de aluminio antes y después del análisis. Esta misma diferencia se consideró como el contenido de material diferente de lípidos, como son las proteínas.

Se realizaron análisis de varianza para comparar las condiciones físicas y energéticas entre mariposas perchadas y las de néctar, para el caso de los lípidos se utilizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Joint-Rank Ryan, debido a que el contenido lipídico de las mariposas de néctar no se distribuyó normalmente, como se explica más adelante.

2.4 Resultados

En la tabla 2.1 Se puede observar el contenido y porcentaje de los lípidos para los pesos húmedos y los pesos secos de las mariposas, al inicio y al final de la hibernación.

Se realizaron pruebas de normalidad con el método de Shapiro-Wilk (Zar 1984), para la talla, el contenido de lípidos, el peso húmedo, el peso seco y el peso del material diferente de los lípidos -proteínas- de cada una de las muestras en los cuatro meses de colecta. Se determinó que solamente el contenido lipídico de las mariposas de néctar no se distribuía normalmente ($P < 0.001$).

Tabla 2.1 Peso de las mariposas, lípidos y porcentaje de lípidos. Se enlistan los pesos húmedos y secos promedio de las mariposas de néctar y perchadas. Además, se puede observar el promedio de los lípidos y los porcentajes que estos representan en función del peso para las mariposas al principio y al final de la hibernación.

| Muestra de monarcas | P.húmedo (mg) | Peso seco (mg) | Lípidos (mg) | Líp/P-húm (%) | Líp/P-sec (%) |
|---------------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| Perchadas inicial | 0.592 | 0.296 | 0.113 | 19.1 % | 38.2 % |
| Perchadas final | 0.482 | 0.224 | 0.056 | 11.6 % | 25.0 % |
| Néctar inicial | 0.441 | 0.206 | 0.053 | 12.0 % | 25.7 % |
| Néctar final | 0.424 | 0.176 | 0.022 | 5.2 % | 12.5 % |

para todas las características consideradas se realizaron las pruebas de heterogeneidad de varianzas, y en todos los casos se determinó que esta es homogénea. Incluso para el contenido lipídico de las mariposas de néctar la varianza resultó ser homogénea (Levene-median's $F(7,786)=1.833, P>0.005$).

Con base en los resultados, de normalidad y de homosedasticidad se decidió utilizar la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar 1984) del paquete estadístico StatView™ II (Feldman *et al.* 1991) para la comparación del contenido de lípidos entre las muestras. Esta prueba detectó diferencias significativas ($H(424.4) P=0.001$) entre el contenido de lípidos de las mariposas perchadas y de las mariposas de néctar. A continuación se realizó la prueba no paramétrica de Joint-Rank Ryan (Day y Quinn 1989) para comparaciones múltiples, definiendo así la significancia entre las muestras de mariposas perchadas y de néctar en los cuatro meses muestreados. En esta prueba se obtiene el valor absoluto de la diferencia entre los rangos de las medianas de las muestras y se calcula el valor crítico utilizando la aproximación para muestras grandes (Day y Quinn 1989).

Con los resultados de los análisis no paramétricos se contruyó la figura 2.1 que muestra los diagramas de cajas para las distribuciones de los datos de cada una de las muestras. La figura se realizó en el programa StatView™ II (Feldman *et al.* 1991) y se consideraron como medidas de tendencia central a las medianas con sus respectivos percentiles como índice de dispersión.

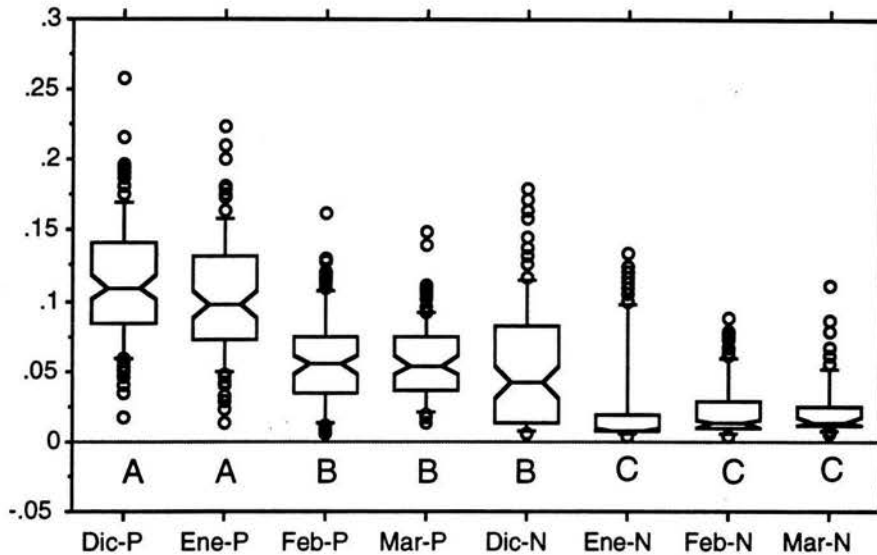


Figura 2.1. Diagramas de cajas del contenido de lípidos. Se pueden observar las distribuciones de los contenidos de lípidos de las muestras en los diagramas de caja para cada mes. A la izquierda se graficaron las cajas de las mariposas perchadas (P) y en la parte derecha las de néctar (N). Las letras (A, B y C) que aparecen debajo de cada caja indican cuales muestras fueron diferentes de las demás.

Cabe mencionar que para la correlación múltiple que se realizó en el caso del análisis de los lípidos, se utilizó la prueba no-paramétrica de Joint-Rank Rayan, debido a que Day y Quinn (1989) argumentan que es la mejor prueba en función de que controla el error de tipo I.

En lo referente a las diferencias de energía entre las mariposas de néctar y las mariposas perchadas, éstas se observan claramente en la figura 2.1.

Como podemos ver, sólo las mariposas de néctar del mes de diciembre son similares en contenido de lípidos a las mariposas perchadas de la segunda mitad de la hibernación (B), pero las de néctar de los meses siguientes (C) son sumamente diferentes y menores que cualquiera de las otras muestras. Además, se puede observar en la distribución de contenido de lípidos de las mariposas de néctar, una tendencia fuerte hacia valores por debajo de los 50 mg (0.05 g), mientras que en las distribuciones de las mariposas perchadas solo los valores dispersos menores llegan a estos niveles.

Como paso siguiente, se llevaron a cabo las comparaciones entre las mariposas de ambas muestras para la talla, el peso húmedo, el peso seco y el peso del material diferente de lípidos -proteínas- presente en las mariposas.

Se realizaron análisis de varianza de un factor (tipo de mariposas) para cada propiedad física. En la comparación para definir la significancia se utilizó la prueba de Duncan y los resultados se enlistan en la tabla 2.2. Estos análisis paramétricos se realizaron en el programa SuperANOVA (Gagnon *et al.* 1991).

En la figura 2.2 se puede apreciar como se relacionan las condiciones físicas de las mariposas perchadas con respecto a las mariposas de néctar; los datos que se utilizaron para su construcción son los que se resumen en la tabla 2.2 como resultados de los análisis de varianza. Estos análisis fueron realizados independientemente para cada una de las características, debido a que tanto los pesos húmedos como los pesos secos se correlacionan positivamente con la talla, de manera que la correlación entre los factores no permite un análisis múltiple.

Tabla 2.2 Resultados del análisis de varianza para comparar entre mariposas perchadas y mariposas de néctar. Se observan los resultados del análisis de varianza para la comparación entre la talla, el peso húmedo (Peso-H), el peso seco (Peso-S) y el peso de las proteínas (Peso-P). Se enlistan los valores críticos y la significancia para la prueba de Duncan (Zar 1984), por último se observan las medias de cada una de las muestras que se comparan (1=perchadas; 2=néctar).

| Variable | F | P | residual | g.l | V. Crit. | S | Media 1 | Media 2 |
|---------------------|---------|--------|----------|-----|----------|---|---------|---------|
| Talla (mm) | 34.453 | 0.0001 | 798 | 1 | 0.315 | + | 52.22 | 51.28 |
| Peso-H. (mg) | 478.237 | 0.0001 | 798 | 1 | 0.012 | + | .521 | .384 |
| Peso-S. (mg) | 383.137 | 0.0001 | 792 | 1 | 0.007 | + | .254 | .182 |
| Peso-P. (mg) | 130.042 | 0.0001 | 792 | 1 | 0.003 | + | .172 | .152 |

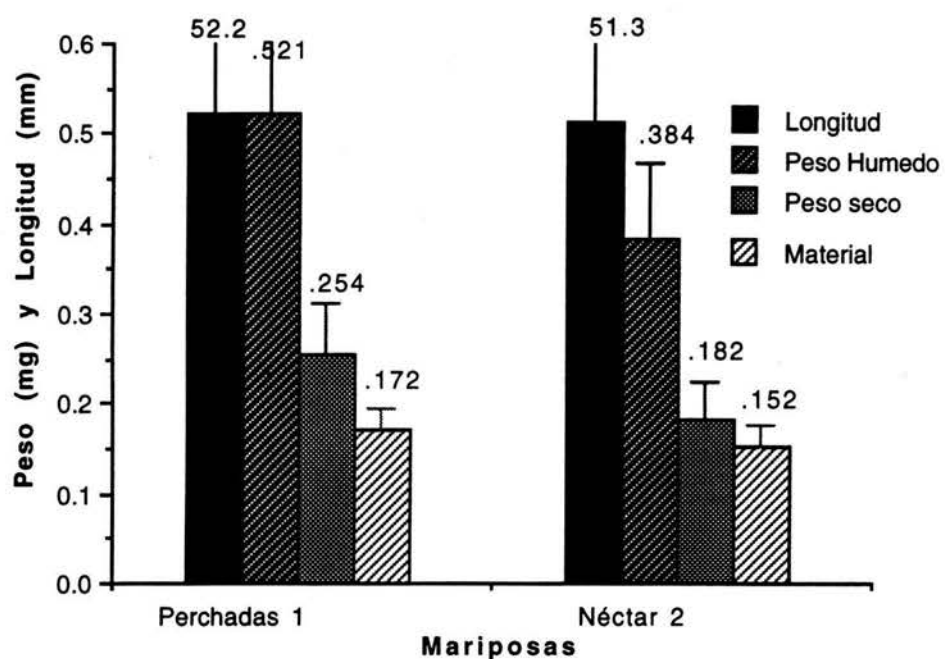


Figura 2.2 Comparación entre la condición física de mariposas de néctar y perchadas. Se observan las barras de la longitud del ala derecha (mm), característica que se utilizó como indicador de la talla de las mariposas, el peso humedo, el peso seco y el contenido de material estructural como las proteínas; además se observa el error estándar calculado para las muestras.

2.5 Discusión y Conclusiones

En la tabla 2.1 se puede observar que el contenido lipídico de las muestras de mariposas de las poblaciones migrantes que se colectaron perchadas se encuentra en proporción de dos a uno con respecto a los lípidos de las mariposas que visitaron las flores tanto al principio como al final de la hibernación.

Lo que podemos observar es que las mariposas que intentan alimentarse -visitando flores- poseen 22 mg de lípidos al final de la hibernación. Se supone que con este almacén lipídico partirán en la migración de primavera hacia el norte, mientras que las mariposas que se colectaron perchadas, viajarán al norte con 56 mg de lípidos en promedio.

Con lo anterior se puede estimar que las mariposas que intentaron alimentarse tienen bajas probabilidades de llegar al sur de los EUA, puesto que se ha visto que la condición natural de contenido de lípidos para las monarcas es de 20 mg en promedio. Esto pone a dichas mariposas en una posición muy comprometida, puesto que se ha estimado que las mariposas gastan en la remigración un promedio de 26 mg de lípidos.

El gasto energético en el viaje de remigración hacia el norte se ha calculado con base en colectas de mariposas remigrantes en el sur de EUA durante el mes de abril, de las cuales se analizaron sus contenidos lipídicos y se ha podido determinar que presentan un promedio de 20 mg de lípidos (Alonso-Mejía 1996).

Así, se sabe que las monarcas hibernantes que sobreviven gastan en el viaje desde el centro de México hasta el sur de los EUA aproximadamente la mitad de los lípidos con los que parten de los sitios de hibernación (Alonso-Mejía 1996). De esta manera se puede descartar la posibilidad de que las mariposas de néctar puedan llegar a cumplir con la oviposición de primavera; los 22 mg de lípidos que poseen al partir no les permitirían sobrevivir a la remigración.

Por lo anterior, se pudo determinar una condición energética muy superior de las mariposas hibernantes -perchadas- contra una pobre situación de reservas de energía de las mariposas que intentan

alimentarse. Así, se puede considerar que las mariposas que intentan alimentarse forman parte de un subgrupo dentro de la población de mariposas hibernantes que presentan deficiencias energéticas, puesto que no fueron lo suficientemente capaces de almacenar la cantidad de lípidos necesaria para la hibernación y el viaje de regreso hacia los sitios norteños de crianza en primavera.

Además de que el almacén energético es diferente entre las mariposas perchadas y las de néctar, las comparaciones entre las condiciones físicas (talla, peso húmedo, peso seco y proteínas) demuestran que las mariposas perchadas son mayores, de modo que las mariposas que intentan alimentarse son en general más pequeñas (Fig. 2.2). Esto resulta muy interesante debido a que en general se considera que las mariposas migrantes son de mayor tamaño que las mariposas no migrantes (Alonso-Mejía 1996), de manera que se abren dos posibilidades en la interpretación de la presencia de las mariposas de néctar.

Primero, se podría pensar que estas mariposas pertenecen a una generación de adultos anterior a la generación de monarcas diapáusicas que migran. Así, dichas mariposas no tendrían la infraestructura biológica -tamaño- para almacenar lípidos y carecerían de la capacidad fisiológica de convertir buena parte de su alimento en grasas que pudieran ser almacenadas para la migración al sur. Por consiguiente, estas mariposas de más edad y reproductivamente maduras son las que durante el invierno tienen la necesidad de alimentarse; además, serían las mariposas que intentarían aparearse desde la parte temprana de la hibernación.

De esta manera, las mariposas de néctar tienen una desventaja ecológica muy fuerte en comparación con las monarcas que almacenaron una buena cantidad de lípidos al emerger y durante la migración, las cuales remigran al norte al final de la hibernación con una buena cantidad de lípidos (56 mg en promedio).

Otra posible explicación para las mariposas que intentan alimentarse sería que estas monarcas son una combinación de mariposas de la generación anterior junto con mariposas de la generación diapáusica que -por variación biológica- no tuvieron la posibilidad fisiológica y estructural de almacenar los suficientes lípidos para poder pasar un invierno tranquilo en los sitios de hibernación.

Todavía queda una posibilidad de estudio muy atractiva que se refiere al papel que las mariposas débiles que intentan alimentarse durante la hibernación tienen dentro del contexto general de la dinámica de la hibernación por parte de las poblaciones del este norteamericano.

III. Estructura del rodal del bosque y simulaciones silvícolas

3.1 Introducción

En la Reserva Especial de la Biosfera Mariposa Monarca (REBMM) es necesario llevar a cabo una evaluación cuantitativa y cualitativa profunda del estado que presenta la estructura del bosque de oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. et Cham.), ya que en la actualidad la superficie forestal se restringe a los picos de las montañas en la reserva y debido al constante deterioro de estos bosques es preciso realizar acciones de recuperación.

Los bosques de oyamel del Eje Neovolcánico son el escenario del fenómeno de hibernación de la mariposa monarca; además, dichos bosques revisten una gran importancia ya que son núcleos de captación de agua para la cuencas dado que en ellos se registran altos niveles de precipitación, lo que aunado al tipo de suelo permite una buena absorción y retención del recurso (Madrigal 1967), en el caso del presente estudio para las cuencas del Balsas y la de Lerma Santiago, .

Estos ecosistemas también representan una rica fuente de germoplasma que podría ser utilizada en el futuro para la recuperación de suelos forestales que han sido denudados, tanto dentro como fuera de la reserva.

Planear la conservación de la reserva no es fácil, pero resulta primordial debido a que la madera del oyamel representa un atractivo socio-económico y por tanto estos bosques están sometidos a una fuerte presión por parte de los ejidatarios, quienes en el afán por mejorar sus condiciones de vida aprovechan los árboles, limitando la distribución de los bosques a las partes altas de las montañas.

Los árboles de oyamel presentan un crecimiento relativamente rápido. El tamaño de la fibra brinda ventajas en el proceso de elaboración de pulpa para papel. Eso trae como consecuencia una derrama económica importante de la industria papelera para los ejidatarios dueños del recurso. También existen otros tipos de usos como la producción mueblera, la utilización de madera de aserradero para la construcción y el uso doméstico (Madrigal 1967).

Las potencialidades de utilización del oyamel explican la presión social tan fuerte hacia este bosque. Por ello, resulta importante tener una visión real de las condiciones forestales para tener la capacidad de tomar decisiones atinadas acerca de las acciones que deben llevarse a cabo con vías a la conservación de los recursos naturales maderables que existen actualmente en la reserva.

En esta parte del estudio, se realizaron muestreos para la caracterización dasométrica del rodal donde se estableció la colonia de monarcas en el Llano del Toro en la Sierra Chincua Mich., México. Se efectuaron simulaciones silvícolas utilizando el modelo de dinámica poblacional del bosque de oyamel de la REBMM construido por Franco y Ham (1995), el cual fue realizado para el Instituto Nacional de Ecología y se titula "Modelo de Manejo Silvícola Mariposa Monarca".

La utilización del modelo como simulador de crecimiento para el oyamel, permite probar diferentes hipótesis ó escenarios silvícolas sin tener que esperar largos períodos de tiempo para conocer los resultados del manejo propuesto. De ahí la importancia de esta herramienta en la planeación adecuada del uso de los recursos forestales.

El modelo de manejo silvícola para la REBMM.

El modelo describe la dinámica del bosque de oyamel en la reserva de la monarca a través de la influencia del número y del tamaño de los árboles dominantes sobre los procesos de crecimiento, sobrevivencia y reproducción de los árboles menores ya establecidos, al igual que sobre el reclutamiento de nuevos individuos. El modelo considera que el bosque está compuesto de rodales con características ambientales (clima y suelo) constantes, las cuales definen la productividad, denominada "Calidad de estación" o "Índice de sitio". Supone que la variación climática que se llega a presentar sólo modifica la varianza en el crecimiento dentro el rodal, sin afectar el rendimiento promedio. Considera además, que la altura de los árboles dominantes es relativamente constante a una edad determinada. Así, la altura es la medida con la que se identifica el Índice de Sitio.

Finalmente, el modelo permite simular el efecto que ciertas prácticas de manejo, específicamente la extracción selectiva de árboles

en diferentes clases de edad, tienen sobre la estructura y el rendimiento del bosque.

3.2 Objetivos

Determinar las propiedades actuales de biomasa con las que cuenta el rodal que albergó a la colonia de mariposa del Llano del Toro en la Sierra Chincua, Michoacán, México.

Con base en simulaciones silvícolas, proporcionar una visión preliminar de la tendencia -en el tiempo- de este rodal, bajo distintas modalidades de aprovechamiento.

3.3 Material y Método

Se midió el polígono del sitio ocupado por las agrupaciones de monarcas en El Arroyo Zapatero, en la Sierra Chincua. Se obtuvieron dos mediciones, una fue realizada la primera semana de diciembre y la segunda, el día primero de febrero. Con esto se determinó el lugar y el área donde permaneció la colonia del Llano del Toro durante la parte estable de la hibernación de 1993-94. El cálculo de dicha superficie se realizó mediante un programa computacional llamado Turbo map II 1.5 b4, y se utilizó el perímetro de la poligonal resultante de la sobrelapación de las dos poligonales medidas.

Dentro del polígono de superficie ocupado por la colonia se trazaron líneas de cuados continuos de 10 X 10 m de lado. Se utilizó la dirección sur-norte para orientar dichas líneas, y sus extremos se definieron en función del perímetro del polígono; la separación entre cada línea fue de 20 metros.

Las medidas tanto del perímetro como de los cuadros se realizaron con la ayuda de cintas métricas y brújula. Los vértices de los dos polígonos considerados se marcaron con estacas de bambú y cinta plástica roja para poder localizar fácilmente los vértices en fechas posteriores.

El registro de los datos para determinar la estructura de este rodal se hizo en función de cada cuadrante (100 m²). Se midió el porcentaje

de cobertura, con la ayuda de un densiómetro y se contabilizó el número de árboles vivos a partir de 0.5 cm. Se tomó registro del diámetro a la altura del pecho (DAP, 1.30 m) y la altura total de cada uno de los árboles muestreados.

Los datos obtenidos se agruparon en 20 categorías o clases de edades. Posteriormente, con base en una muestra de anillos de crecimiento de los árboles de mayor diámetro se redefinieron 12 categorías diamétricas con las que se realizaron simulaciones de la dinámica poblacional de este rodal en 200 años, esto con la ayuda del Modelo de Manejo Silvícola Santuario de la Mariposa Monarca (Franco y Ham 1995).

3.4 Resultados

Estructura.

Con los 81 cuadros que se obtuvieron de las 7 líneas que se muestrearon, se registraron datos en una superficie de 8 100 m² con respecto a un total de 32,135 m² (3.2 ha) que resultan del cálculo del área ocupada por la colonia.

Para el análisis de los datos sólo se utilizaron los registros correspondientes a árboles de oyamel, aunque cabe aclarar que únicamente se encontraron 5 árboles de especies diferentes en la muestra. Se determinaron los siguientes valores para las propiedades del rodal; área basal 50.12 m² por hectárea, 459 árboles por hectárea y una cobertura del dosel de 70.92% para esta porción del rodal.

Con base en los valores logarítmicos extremos de las áreas basales de los árboles muestreados, (-0.707 mínimo y 3.914 máximo) se definieron 20 clases o categorías con un amplitud de clase de +0.24. Estas clases se utilizaron para definir la frecuencia de árboles, el diámetro medio y la altura media en cada categoría. Los valores se muestran en la tabla 3.1.

Utilizando las 20 categorías resultado de los datos de campo y la frecuencia de los árboles en cada una de ellas, se construyó la distribución de frecuencias de la muestra para visualizar como está organizada la biomasa en función de la densidad de arbolado en las

diferentes clases de diámetros. Se graficaron también, la altura y los diámetros medios en cada una de las categorías diamétricas, para poder observar de manera global como se distribuyen dichas propiedades del bosque en este rodal (Fig. 3.1).

Tabla 3.1. Propiedades dasométricas del rodal. En la tabla se resumen los intervalos de cada una de las 20 categorías definidas en función del log 10 de las áreas basales y se enlista la frecuencia de árboles en cada clase, así como la altura media y el diámetro medio de cada clase de edades.

| Número de Categoría | Categorías log 10 | Frecuencia #Arb./Cat. | Altura m Media/Cat. | Diámetro m Medio/Cat. |
|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | -0.707/-0.467 | 2 | 0.65 | 0.0050 |
| 2 | -0.467/-0.227 | 4 | 1.35 | 0.0075 |
| 3 | -0.227/ 0.013 | 7 | 1.41 | 0.0096 |
| 4 | 0.013/ 0.253 | 6 | 1.57 | 0.0143 |
| 5 | .0253/ 0.493 | 6 | 1.72 | 0.0172 |
| 6 | 0.493/ 0.733 | 6 | 1.80 | 0.0210 |
| 7 | 0.733/ 0.973 | 6 | 2.33 | 0.0293 |
| 8 | 0.973/ 1.213 | 9 | 3.72 | 0.0409 |
| 9 | 1.213/ 1.453 | 15 | 4.77 | 0.0526 |
| 10 | 1.453/ 1.693 | 10 | 5.35 | 0.0697 |
| 11 | 1.693/ 1.933 | 8 | 6.25 | 0.0885 |
| 12 | 1.933/ 2.173 | 8 | 10.88 | 0.1228 |
| 13 | 2.173/ 2.413 | 11 | 14.09 | 0.1574 |
| 14 | 2.413/ 2.653 | 29 | 19.00 | 0.2151 |
| 15 | 2.653/ 2.893 | 57 | 21.82 | 0.2751 |
| 16 | 2.893/ 3.133 | 68 | 23.31 | 0.3653 |
| 17 | 3.133/ 3.373 | 75 | 24.25 | 0.4825 |
| 18 | 3.373/ 3.613 | 39 | 25.05 | 0.6119 |
| 19 | 3.613/ 3.853 | 5 | 25.60 | 0.7942 |
| 20 | 3.853/ 4.093 | 1 | 26.00 | 1.0230 |

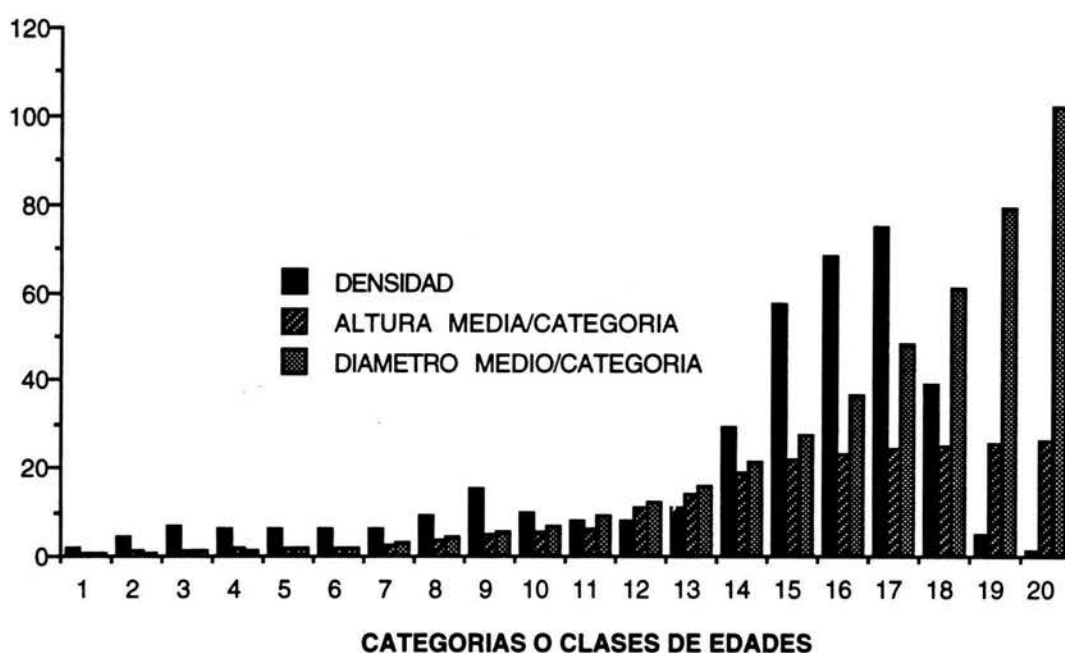


Figura 3.1 Se presenta la densidad, la altura media y el diámetro medio para cada una de las clases de edades, los datos se encuentran en la tabla 3.1; en esta gráfica se puede ver como se relacionan las propiedades del rodal.

Simulaciones.

Con objeto de tener una idea del efecto de la cosecha de árboles sobre la estructura y la dinámica del bosque, se simularon seis modalidades de aprovechamientos forestales. Estos aprovechamientos ocurrirían una sola vez al principio de la simulación, después de lo cual el bosque se desarrollaría sin ninguna otra influencia humana. Los aprovechamientos simulados variaron en intensidad de corta entre 5 y 30% de los árboles presentes en las tres categorías de mayor edad y diámetro.

Tomando en consideración que en el sitio de estudio (Llano del Toro) se encontró que la edad de los 10 árboles de mayor talla fue de entre 90 y 115 años, y no teniendo las edades precisas de todos los demás árboles, la densidad total por hectárea de este sitio se asignó a 12 categorías de 10 años de edad cada una, suponiendo una distribución logarítmica de las áreas basales en función de la edad. Esto es, ya que las

áreas basales mínima y máxima fueron 0.196 cm^2 (DAP=0.5 cm) y $12,390 \text{ cm}^2$ (DAP=125.6 cm), este intervalo fue dividido en 12 categorías de igual tamaño en escala logarítmica. Las densidades reales encontradas en el campo en cada categoría diamétrica fueron utilizadas como las densidades iniciales en cada una de las primeras 12 categorías de edad. El modelo supone una edad máxima de 200 años y las simulaciones fueron hechas para un tiempo de 200 años (Fig. 3.2).

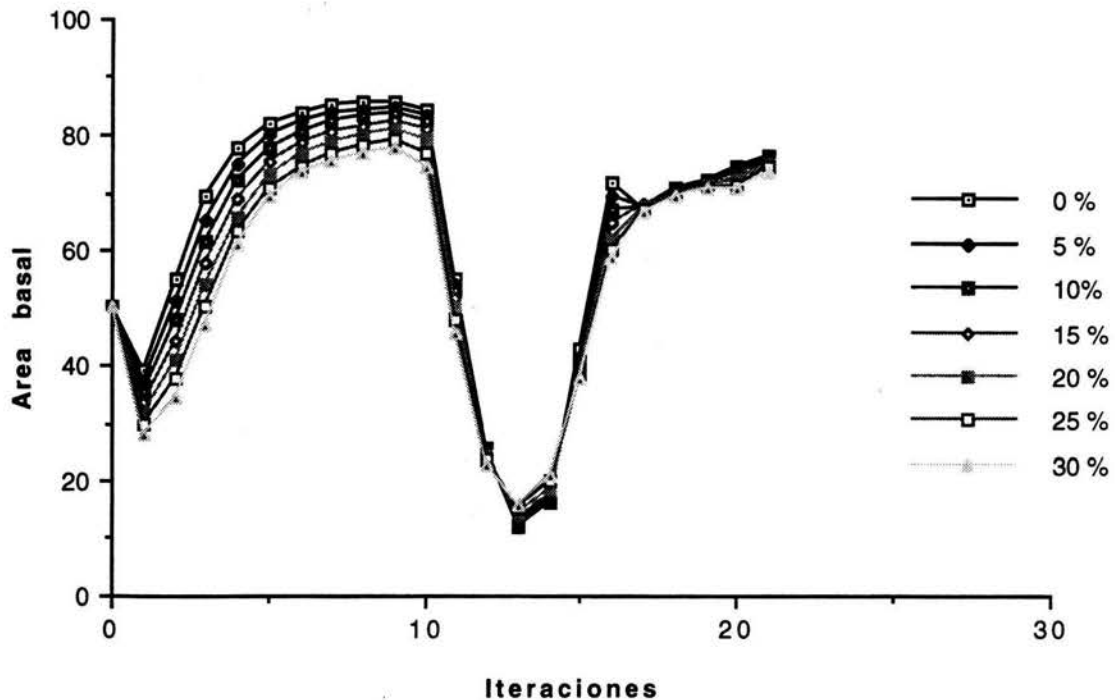


Figura 3.2. Simulaciones silvícolas. Dinámica del área basal por hectárea (m^2) que el rodal presentaría a través del tiempo en cada una de las simulaciones del modelo. Los porcentajes de corta fueron aplicados a las categorías de edad 90, 100 y 110 años que contienen a los árboles dominantes de este rodal.

En la figura 3.2 se puede observar el comportamiento del área basal por hectárea (m^2) como resultado de las distintas proporciones de corta que se utilizaron al inicio de cada simulación. Puede verse que en general el bosque es bastante abierto en este rodal. Las curvas de incremento del área basal en los siguientes 90 años después del

aprovechamiento corren paralelas y no hay una tendencia a que los mayores aclareos conduzcan a un mayor incremento.

3.5 Discusión y Conclusiones

Uno de los argumentos que en la actualidad se maneja acerca del bosque de las zonas núcleo de la reserva de la monarca, es el que dice del peligro que corren estos rodales de convertirse en bosques maduros o incluso viejos, cuyo dosel no permite el establecimiento de renuevos que provean el reclutamiento de individuos a la estructura del rodal (Hoth 1995).

Los resultados que se presentan en este trabajo (50.12 m² de área basal y 459 árboles por hectárea), nos permiten cuestionar dicho argumento, ya que Calvert y Lawton (en prensa en Calvert *et al.* 1989) estimaron una densidad de 620 árboles/hectárea, con un área basal de 43 m² para el mismo santuario. Esto sugiere, en principio, que efectivamente los rodales están aumentando de edad, y hasta aquí el argumento es válido, ya que este se refiere simplemente al aumento en la edad. Sólo que este argumento no considera la longevidad de la especie implicada, entonces se carece de una base sólida para emitir juicios acerca del manejo de este tipo de bosques.

Como se sabe la longevidad del *Abies religiosa* puede llegar a los 200 años, con diámetros de hasta 188 cm y alturas de 50 m (Manzanilla 1974), de manera que el rodal estudiado (Tabla 3.1), pertenece a un bosque joven, pero que no obstante es el de mayor edad en la reserva ya que cuenta con los árboles más grandes en área basal, lo que no necesariamente implica que sean viejos.

Acerca de la distribución de los árboles en las diferentes clases definidas por los logaritmos base 10 de las áreas basales (Fig. 3.1), se puede observar que el mayor número de árboles se encuentra concentrado en las categorías con diámetros promedio mayores. Pero si consideramos que el diámetro es proporcional a la edad -sin reparar en fenómenos de competencia-, estamos hablando de un rodal relativamente joven, ya que los árboles más abundantes se encuentran en un intervalo de diámetros entre 21 cm (clase 14) y 61 cm (clase 18), lo que en términos de la longevidad de esta especie, pertenece a árboles jóvenes.

Esta afirmación se respalda por el hecho de que actualmente se pueden observar en ésta localidad tocones con 70 ó más anillos de crecimiento y diámetros mayores a los 100 cm, lo que nos habla de la presencia de árboles mucho mayores en el pasado de estos bosques. Las posibles cortas por mata rasa de hace unos 30 años cuando la mina de Anganguero trabajaba explicarían la presencia de un gran número de tocones perteneciente a árboles de edades maduras; a éste respecto la gente del lugar dá testimonio de los grandes volúmenes de madera que se obtenían de estos bosques para satisfacer la demanda de la industria minera en la manutención y funcionamiento de los hornos.

Por otro lado, si se observan la clases por debajo de la 14 (Fig. 3.1) con menor número de individuos, las cuales se refieren a los diámetros medios menores a los 16 cm, podemos interpretar lo que parece indicar una onda de reclutamiento, particularmente en las categorías 8, 9 y 10, pero en este sentido no se cuenta con datos ó referencias suficientes que sostengan lo que se propone. Para ello sería necesario ver si este comportamiento puede ser relacionado con los ciclos de una gran producción de semillas y determinar el período o frecuencia con que éstos se presentan.

La figura 3.1 permite respaldar la proposición de que se trata de un rodal realmente joven, en donde por tanto los árboles que dominan el dosel y la densidad son jóvenes, las clases 15, 16 y 17 son las que refuerzan esta posición, ya que corresponden a las características de los oyameles cuando se encuentran en su primera etapa reproductiva, lo que se infiere por la altura y el diámetro medio de estas clases. Los datos de las muestras de anillos de crecimiento que se han obtenido apoyan esta afirmación.

Se pudo determinar que los árboles de mediana edad son los que dominan en este rodal, y con base en que la cobertura (70.12%) esta organizada a manera de mosaico, los claros del dosel deberían permitir el establecimiento de renuevos, pero lo que se puede observar en el campo es diferente, ya que estos son muy escasos, y por tanto la regeneración y el reclutamiento en las diferentes clases de edades son muy pobres.

Para explicar lo que está pasando, es preciso hacer estudios acerca del impacto que -en la regeneración- tienen factores como la existencia

de pastoreo desordenado de ganado vacuno y la presencia de un gran número y densidad de plantas de sotobosque. Para el reclutamiento en las diferentes categorías de edades se podría estimar la magnitud que tiene la muerte natural y la corta ilegal de árboles para la obtención de morillos que se utilizan principalmente en la construcción de techos de viviendas.

Es claro que hacen falta estudios de la demografía y la dinámica natural actual de los bosques de oyamel donde hiberna la monarca, para que, con base en este conocimiento, se puedan planear programas de manejo que estén apoyados por una base técnica y de conocimiento real acerca de las necesidades primordiales que existen en los bosques que conforman la reserva de la monarca.

Cuando se realizaron las seis simulaciones silvícolas que se muestran en la figura 3.2, se pudo observar el comportamiento del área basal para las 20 iteraciones que el modelo simula en 200 años. Como se mencionó, la utilización de este modelo resulta de la necesidad de crear herramientas útiles que nos permitan proyectar la dinámica del bosque, de manera que se pueda hacer una mejor planeación acerca del recurso forestal en la REBMM.

Debido a que los árboles del rodal están concentrados en las categorías de mediana edad y tamaño (Fig. 3.1), después de 90 años hay una mortalidad natural de este arbolado, colapsándose rápidamente el bosque. Aunque el modelo predice una recuperación gradual del bosque, la abundancia de vegetación secundaria (Capítulo IV) y la ausencia de regeneración (Fig. 3.1) hacen dudar de la precisión de las predicciones después de los 100 años.

A menos que existieran prácticas paralelas de manejo que aseguraran el éxito de la regeneración, es difícil que en la situación actual el bosque pudiera recuperarse. Según la clasificación de Manzanilla (1974) este rodal sería considerado como explotado, a los cuales pertenecen aquellos que se se aprovechan de manera permitida y los cuales poseen 51 m² de área basal.

IV. Cobertura del dosel y frecuencia de plantas del sotobosque floreciendo.

4.1 Introducción

Los bosques donde hiberna la mariposa monarca presentan invariablemente huella de haber sido aprovechados forestalmente, lo que les confiere cierto grado de apertura del dosel. Aún así, Hoth (1993) propone una hipótesis de perturbación, la cual, según este autor, beneficiaría a las mariposas, ya que al abrir más claros en estos bosques se propiciaría un incremento en la abundancia de flores en el sotobosque, y por tanto, fuentes de néctar para las monarcas.

Los estudios que se han realizado acerca del sotobosque, demuestran la importancia de este estrato para las mariposas debido a que les ayudan a escapar de la depredación y de congelación cuando éstas han caído al suelo (Calvert y Cohen 1983, Alonso *et al.* 1992, Glendinning *et al.* 1988, Glendinning y Brower 1990); sin embargo, no existen estudios que analicen a las flores como fuente alimenticia.

Por ello, en el presente capítulo se analizó la relación entre la cobertura del dosel del bosque y la frecuencia de especies con mayor abundancia de flores, tomando como referencia el sitio donde se estableció la colonia de mariposas monarca del Llano del Toro en la Sierra Chincua, Michoacán, México.

4.2 Objetivos

Determinar mediante categorías cualitativas el grado de apertura del dosel del bosque.

Explorar la correlación entre el grado de apertura del dosel y la frecuencia de las especies con mayor abundancia de flores.

4.3 Material y Método

A partir del punto central del polígono del sitio donde se estableció la colonia de mariposas del Llano del Toro, en la Sierra

Chincua en Michoacán, se trazaron líneas de 505 m de longitud en dirección de los cuatro puntos cardinales. Cada línea fue dividida en segmentos de 5 m de longitud y a cada segmento se denominó estación. Para cada estación se registró el porcentaje o fracción de la línea que cubría el dosel, en una escala de 1/4, 1/2, 3/4 y 1. La manera de determinar esta medida se hizo con base en la proyección de las ramas y hojas de los árboles, hacia el suelo, sobre el segmento de 5 m de la línea en cada estación.

La apertura es la fracción no cubierta por el dosel en cada estación y se registró la posible causa de apertura del dosel con base en las siguientes consideraciones:

i.- Apertura natural.- la presencia de llanos naturales, los claros por la muerte de árboles, así como la presencia de peñascos y arroyuelos.

ii.- Apertura artificial.- sitios en los que la corta de los árboles fue la razón del aclareamiento. Los caminos y brechas también fueron clasificados bajo este rubro.

Con los porcentajes o fracciones de la apertura del dosel y considerando las causas de aclareos se creó la clasificación de los tipos de hábitat que se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Clasificación de los hábitats por grado de apertura. El hábitat D se refiere a las estaciones que tuvieron una combinación de apertura natural y artificial. El hábitat E se refiere a estaciones donde la combinación de aperturas correspondió aproximadamente a la mitad de la longitud de la estación.

| HABITAT | NOMBRE | APERTURA |
|---------|--------------------|-------------|
| A | Dosel Cerrado | Menor a 1/4 |
| B | Abierto Natural | Mayor a 3/4 |
| C | Abierto Artificial | Mayor a 3/4 |
| D | Abierto Mixto | Mayor a 3/4 |
| E | Semiabierto | Igual a 1/2 |

Se registraron las especies de plantas en el sotobosque que estaban en floración y que aparecieron más frecuentemente en cada una de las estaciones. A fin de definir en el campo cual de las especies estaba mayormente representada, se consideró a la especie que fuera más abundante, según la estimación visual, en un radio de 2 m a partir del punto medio de la línea en cada estación.

Se realizó el listado florístico de todas las especies que florecen en la Sierra Chincua durante el invierno.

4.4 Resultados

Con base en la definición de los hábitats por cobertura y causas de aclareamiento (Tabla 4), se clasificaron las 404 estaciones de la muestra y se construyó la siguiente figura.

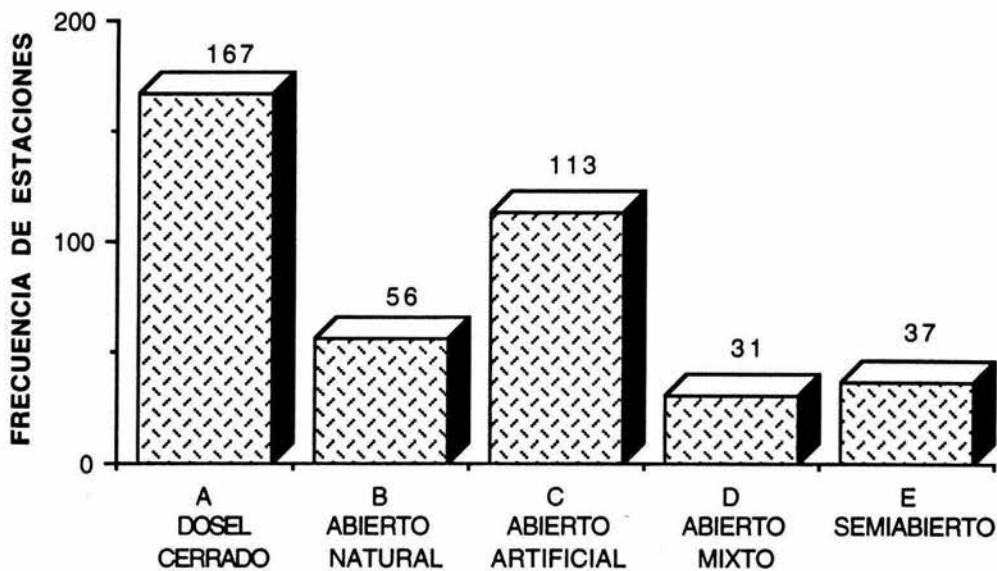


Figura 4.1 Distribución por hábitat. Distribución de la frecuencia de los diferentes tipos de hábitat clasificados con base en la cobertura y las diferentes causas de apertura del dosel del bosque.

Se determinó que el número total de especies de plantas que florecen durante el invierno asciende a 30, pertenecientes a 9 familias entre las que Asteraceae es la mejor representada, con cuatro géneros, entre los que destaca *Senecio* con cinco especies.

De estas 30 especies que presentaron flores durante la temporada de invierno, se encontró que 20 se encontraron floreciendo frecuentemente (Tabla 4.2a). La tabla 4.2b enlista las restantes 10 especies que no aparecieron como las dominantes en alguna de las estaciones.

Tabla 4.2a Especies en floreción registradas en las estaciones. Se agruparon las especies siguiendo la clasificación de hábitat empleada en la figura 4.1. Se enlistan las familias de las 20 especies dominantes en las estaciones de la muestra y la frecuencia con que se presentan floreciendo.

| Familia | Especie | Habitat | | | | | Total |
|------------------------|--|------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| | | A | B | C | D | E | |
| ASTERACEAE | <i>Bacharis conferta</i> | | | 1 | | | 1 |
| | <i>Bidens triplinervia</i> | | 10 | 1 | 1 | | 12 |
| | <i>Eupatorium aschembornianum</i> | 22 | 1 | 19 | 3 | 4 | 49 |
| | <i>Eupatorium glabratum</i> | 26 | 13 | 19 | 8 | 9 | 75 |
| | <i>Eupatorium mairetianum</i> | | | | | 1 | 1 |
| | <i>Eupatorium pycnocephalum</i> | | 1 | | | | 1 |
| | <i>Senecio angulifolius</i> | 15 | 2 | 10 | 2 | 5 | 34 |
| | <i>Senecio barba-johannis</i> | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 8 |
| | <i>Senecio prenantoides</i> | 21 | 2 | 10 | 3 | 3 | 39 |
| | <i>Senecio cardiophyllus</i> | 2 | 1 | 2 | 2 | | 7 |
| | <i>Senecio roldana</i> | 1 | 1 | | | | 2 |
| | <i>Senecio tolucanus</i> | | 2 | 3 | | | 5 |
| | <i>Stevia rhombifolia</i> | 11 | | 17 | 1 | 5 | 34 |
| CARYOPHYLLACEAE | <i>Drymaria cordata</i> | 2 | 1 | | | | 3 |
| LAMIACEAE | <i>Satureja macrostema</i> | 12 | 17 | 7 | 6 | 1 | 43 |
| | <i>Salvia elegans</i> | 28 | 4 | 16 | 3 | 6 | 57 |
| | <i>Salvia hirsuta</i> | 2 | | 2 | | | 4 |
| | <i>Salvia lavanduloides</i> | 1 | | 2 | | | 3 |
| | <i>Stachys coccinea</i> | 1 | | | | | 1 |
| VIOLACEAE | <i>Viola grahami</i> | 18 | | 2 | 1 | 1 | 22 |
| TOTALES/HABITAT | | 164 | 56 | 113 | 31 | 37 | 401 |

Tabla 4.2b Especies floreciendo no dominantes. Se muestran diez de las especies de plantas que florecen durante el invierno que no se presentaron como dominantes en ninguna de las estaciones del muestreo.

| FAMILIA | ESPECIE |
|-----------------|--------------------------------|
| ASTERACEAE | <i>Cirsium eherebergii</i> |
| | <i>Gnaphalium salicifolium</i> |
| | <i>Senecio sanguisorbae</i> |
| APIACEAE | <i>Arracaica atropurpurea</i> |
| FABACEAE | <i>Lupinus elegans</i> |
| GERANIACEAE | <i>Geranium lilacium</i> |
| LAMIACEAE | <i>Salvia heliantemifolia</i> |
| | <i>Salvia cardinalis</i> |
| ONAGRACEAE | <i>Fucsia microphyla</i> |
| SCROPHULARACEAE | <i>Castilleja arvensis</i> |

Las siete especies de las familias Asteraceae y Lamiaceae que se observan en negritas en la tabla 4.2a presentaron la mayor proporción de plantas en floración como las más abundantes como se puede observar en la figura 4.2.

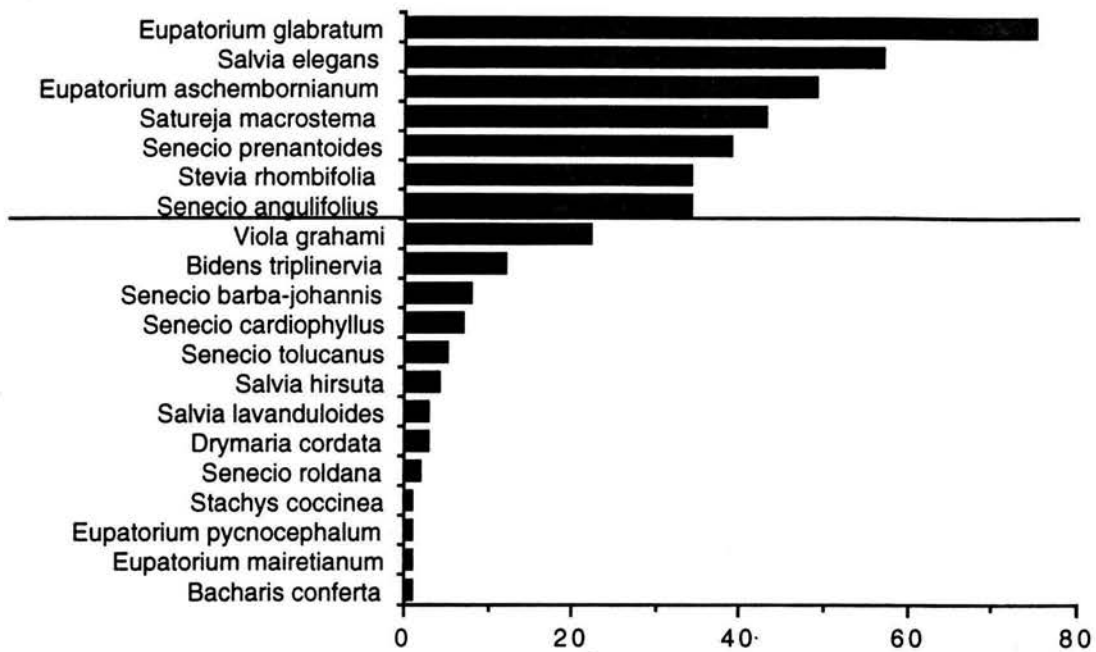


Figura 4.2 Distribución de frecuencias de las especies en floración. Se pueden observar las frecuencias de las 20 especies de plantas que se presentaron como dominantes en abundancia de flores en las estaciones de la muestra. La línea separa a las siete especies con mayor frecuencia como dominantes.

Con base en las frecuencias observadas de las siete especies señaladas se realizó un análisis mediante una tabla de contingencia utilizando el paquete estadístico StatView™ II (Feldman *et al.* 1991) para conocer si existía correlación entre las frecuencias de flores en las estaciones con el tipo de hábitat.

La hipótesis nula para la prueba plantea que las frecuencias de las observaciones encontradas en los renglones (especies) son independientes de las frecuencias encontradas en las columnas (hábitat) o viceversa (Zar 1984). De ser aceptada esta hipótesis significaría que la frecuencia de las especies con floración más abundante es independiente de la apertura del dosel. La hipótesis alternativa postula que las frecuencias

de las especies con floración más abundante se distribuyen en función del tipo de hábitat.

La tabla 4.3 representa la relación de los resultados del análisis de contingencia. En ella se enlistan las frecuencias observadas de plantas en floración y los valores de frecuencias calculados.

Tabla 4.3 Frecuencia de flores. Se muestran las frecuencias de las plantas floreciendo y entre paréntesis se pueden ver las frecuencias esperadas calculadas.

| ESPECIE | A | B | C | D | E | Total |
|---------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <i>Eupatorium aschbornianum</i> | 22 (20) | 1 (6) | 19 (14) | 3 (4) | 4 (5) | 49 |
| <i>Eupatorium glabratum</i> | 26 (31) | 13 (9) | 19 (22) | 8 (6) | 9 (7) | 75 |
| <i>Senecio angulifolius</i> | 15 (14) | 2 (4) | 10 (10) | 2(3) | 5 (4) | 34 |
| <i>Senecio prenantoides</i> | 21 (16) | 2 (5) | 10 (12) | 3 (3) | 3 (4) | 39 |
| <i>Stevia rhombifolia</i> | 11 (14) | 0 (4) | 17 (10) | 1(3) | 5 (4) | 34 |
| <i>Satureja macrostema</i> | 12 (18) | 17 (5) | 7 (13) | 6 (4) | 1 (4) | 43 |
| <i>Salvia elegans</i> | 28 (23) | 4 (7) | 16 (17) | 3(4.5) | 6 (6) | 57 |
| Total | 135 | 39 | 98 | 26 | 33 | 331 |

El resultado de la prueba ($X^2_{(0.05,24)} = 66.403$; $P < 0.0001$) nos indica que la presencia de flores está relacionada con el tipo de hábitat, al menos una celda. Así, con el objeto de conocer cuales especies se encontraban floreciendo en correlación con el hábitat, se calcularon las contribuciones de cada celda (Tabla 4.4).

Tabla 4.4 Valores de X^2 de la comparación de las frecuencias observadas y esperadas de especies floreciendo. Se presentan los aportes a la prueba de la tabla de contingencia de cada una de las celdas correspondientes a las siete especies más frecuentes, las cuales fueron analizadas.

| ESPECIE | A | B | C | D | E |
|---------------------------------|-------|---------------|--------------|-------|-------|
| <i>Eupatorium aschbornianum</i> | 0.203 | 3.947 | 1.391 | 0.187 | 0.160 |
| <i>Eupatorium glabratum</i> | 0.688 | 1.961 | 0.463 | 0.755 | 0.310 |
| <i>Senecio angulifolius</i> | 0.093 | 1.005 | 0.0004 | 0.168 | 0.765 |
| <i>Senecio prenantoides</i> | 1.631 | 1.466 | 0.207 | 0.001 | 0.203 |
| <i>Stevia rhombifolia</i> | 0.593 | 4.006 | 4.776 | 1.045 | 0.765 |
| <i>Satureja macrostema</i> | 1.794 | 28.108 | 2.580 | 2.036 | 2.520 |
| <i>Salvia elegans</i> | 0.971 | 1.098 | 0.045 | 0.487 | 0.018 |

Los valores de X^2 en negritas son los aportes significativos al análisis de contingencia calculados a partir de la comparación entre las frecuencias de flores confrontados con el valor de $X^2_{(0.05,1)} = 3.841$ en tablas. *E. aschbornianum* y *S. rhombifolia* se correlacionan

negativamente o se presentan menos de lo esperado en la apertura natural. Las otras especies correlacionadas significativamente son *S. macrostema* y *S. rombifolia*; éstas lo hacen positivamente con la apertura artificial, de manera que se encuentran representadas floreciendo con más frecuencia de lo esperado.

4.5 Discusión y Conclusiones

Lo primero que podemos observar en la distribución de los hábitats (Fig. 4.1), es el hecho de que si se suman los porcentajes de las aperturas más del 50% del terreno forestal (incluyendo llanos naturales) está descubierto; en buena medida esto se debe a causas de apertura artificial por la tala comercial de árboles que en otros tiempos se realizó, hasta que en 1986 fue detenida con la creación de la REBMM.

Actualmente en la reserva se siguen presentando problemas con la tala clandestina en la zonas núcleo y en las zonas de amortiguamiento. Además en estas últimas los aprovechamientos forestales que se realizan cada año como una actividad económica permitida a los dueños de los ejidos siguen representando la causa mayor de corta de árboles, de tal forma que no es fácil de predecir hasta cuando este ecosistema forestal podrá resistir.

Si se hubiese encontrado que las plantas con flores resultaran imprescindibles para la mariposas que hibernan, lo cual no es el caso, podríamos preguntarnos entonces hasta dónde tendría que ser abierto el bosque si ya en la actualidad la mitad está aclareada. Ahora bien, lo que uno espera que acontezca en función de la apertura del dosel es que las especies del sotobosque o incluso algunas plántulas de otras especies arbóreas incrementen la frecuencia con la que se presentan en estos lugares abiertos del bosque, debido a la mayor disponibilidad de luz, con lo que teóricamente dichas especies (regularmente invasoras o sucesionales en la dinámica de claros) se verían favorecidas en su establecimiento.

Para este caso particular, debido a que se trata de un bosque templado en el que las actividades fisiológicas de muchas de las plantas del sotobosque pueden continuar durante el invierno, se hubiera esperado -a la luz de este argumento- que las especies con florecimiento

en esta temporada incrementarían su frecuencia en los sitios que han sido abiertos. En el estudio, *Stevia rombigolia* parece ser la única especie de las 30 registradas, que cumple con lo esperado y su frecuencia de flores en función de la apertura artificial se ve incrementada (Tabla 4.4).

La otra especie que se presenta con más frecuencia de lo esperado es la *Satureja macrostema*, pero ésta se correlaciona con la apertura natural y por otro lado sus corolas son demasiado grandes para que la probóscis de las mariposas puedan llegar al néctar por lo que no se puede considerar como una especie que representara una fuente potencial de alimento para las monarcas.

Las dos especies restantes que se correlacionaron con el tipo de hábitat son la *Stevia rombigolia* y el *Eupatorium aschembornianum*; sin embargo éstas incluso se presentaron con menor frecuencia de lo esperado para el hábitat de apertura natural.

En la actualidad la cobertura del dosel se encuentra organizada heterogéneamente a manera de un mosaico de parches combinados con claros del dosel. Esto prácticamente permite la entrada de la luz a todos los sitios del terreno forestal y así las especies del sotobosque se encuentran establecidas. Por consiguiente, la regeneración del estrato arbóreo se ve afectada, puesto que en el campo se puede observar claramente como en los sitios con altas densidades de plantas del sotobosque no se presentan plántulas de oyamel.

Cabe mencionar que en la actualidad ya se están realizando estudios, lo cuales se han establecido para conocer si las plantas del sotobosque se relacionan con la germinación, el establecimiento y la sobrevivencia de los renuevos de oyamel.

La razón de las condiciones del dosel se debe a que los bosques de la región de la monarca han sido explotados forestalmente con propósitos comerciales, domésticos e industriales (Madrigal 1967) y según Manzanilla (1974) en México la falta de una cultura forestal no ha permitido realizar aprovechamientos racionales de los recursos maderables que poseían los bosques.

En el contexto de la biología de la monarca, podemos decir que las cinco especies de compuestas analizadas son las que en el campo podemos ver como las más visitadas por las mariposas con baja cantidad de lípidos. Cabe hacer una reflexión muy simple, acerca de que

si las mariposas que hibernan en México son un contingente que en los sitios de crianza norteros, ocupan una extensión de terreno mucho mayor que la totalidad del Eje Neovolcánico, entonces habrá que suponer que aún aclareando en su totalidad estas montañas, la cantidad de plantas que florecerían no serían suficientes para mantener a todas las mariposas.

Por último, y un poco en contra de los estudios que hablan de la importancia del sotobosque, en los que se le presenta como un sustrato por el que las mariposas pueden trepar y escapar de la congelación y depredación cuando han caído al suelo (Calvert y Cohen 1983, Alonso *et al.* 1992, Glendinning *et al.* 1988, Glendinning y Brower 1990), este podría más bien representar un estorbo para las monarcas, debido a que cuando éstas llegan al piso del bosque caminan en busca de superficies verticales por las cuales trepar, de manera que si las monarcas llegaran primero a los troncos de los árboles seguramente se ahorrarían el gasto energético que les representa estar subiendo continuamente a los tallos de las plantas del sotobosque.

V. Conclusiones generales

Con base en los estudios realizados en este trabajo se pudo conocer que las mariposas que intentan alimentarse -de "néctar"- durante la hibernación son parte de un grupo de mariposas, que dentro de las poblaciones migrantes que pasan el invierno en México, poseen características energéticas que les confieren bajas probabilidades de regresar con éxito en la remigración de primavera hacia el norte.

Por lo tanto, se apoya el argumento de que no existe una necesidad alimenticia generalizada por parte de las mariposas que llegan a nuestro país para sobrevivir al invierno. En consecuencia, propongo una reconsideración a la hipótesis que propone la falta de plantas con flores como fuentes potenciales de alimento, donde las mariposas podrían recargar su almacén energético durante los meses fríos del año.

La calidad del bosque donde se estableció la colonia de mariposas monarca estudiada, pertenece a condiciones de estructura de edades de un bosque con baja regeneración natural y por tanto, falta de reclutamiento a las categorías tempranas de edades. En este rodal predominan individuos jóvenes en comparación con la longevidad que esta especie puede presentar (200 años), ya que los más viejos que se encuentran en esta comunidad tienen edades de 115 años como máximo.

Por tal motivo, se propone la necesidad urgente de realizar estudios tanto de la demografía del *Abies* en la reserva, como la revisión de los programas de aprovechamiento maderable. Ya que se siguen realizando las cortas anuales con proposiciones que se sustentan en una teórica pero irreal regeneración, suficiente para renovar el bosque de manera natural.

Es preciso dejar en claro que los resultados de las simulaciones silvícolas, y que muestran el peligro de realizar algún tipo de provechamiento fueron aplicadas a datos de un rodal de la zona núcleo, que en principio se supone la más conservada debido a la veda total que en estos sitios existe; de manera tal, que existe una alta probabilidad de que las zonas de amortiguamiento donde se realizan los aprovechamientos puedan estar más perturbadas y por tanto en un peligro mayor de desaparecer.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

La apertura que actualmente se encuentra en la reserva y que asciende a más del 53% del terreno forestal se debe en su mayor proporción a la corta de árboles que se realizaron en este boque. Por tanto creemos que la propuesta de apertura como medida de perturbación para favorecer la regeneración del bosque carece de sentido, en términos de que ya en la actualidad estos bosques poseen más de la mitad de su dosel abierto.

Aunque no se pudo determinar si la apertura del dosel favorece la abundancia de las plantas que florecen en el sotobosque, si se puede apoyar la hipótesis de que sólo una de las 30 especies de plantas que presentan flores en el invierno se vió favorecida por la apertura artificial.

Por último, quiero aclarar que la presente tesis esta hecha dentro del contexto humano y por tanto creo firmemente en la necesidad de conocer las condiciones socio-económicas de las pobladores de la región. Así, con este conocimiento social, económico y biológico de la región podremos crear las bases que permitan la planeación de verdaderos pogramas de manejo, los cuales sean medidas reales que representen los cimientos del impulso en el desarrollo de la región de la monarca.

VI. Literatura Citada

- Alonso-Mejía A. 1996. Biology and Conservation of Overwintering Monarch Butterflies in Mexico Tesis Doctoral. University of Florida.
- Alonso-Mejía y A. Arellano. 1989. Mariposa monarca. Su hábitat de hibernación. **Ciencias** 15: 6-11
- Alonso-Mejía A., A. Arellano., y L. P. Brower. 1992. Influence of temperature, surface body moisture and height above ground on the survival of monarch butterflies overwintering in México. **Biotropica** 24:415-419
- Anderson J. B. y L. P. Brower. 1996. Freeze-protection of overwintering monarch butterflies in México: critical role of the forest as a blanket and an umbrella. **Ecological Entomology** 21: 107-116
- Boggs C.I. y Gilbert L. E. 1979. Male contribution to egg production in butterflies: Evidences for transfer of nutriente at mating. **Science** 206: 83-84
- Brower L.P. 1977. Monarch Migration. **Natural History** 86: 40-53
- Brower L.P. 1984. Chemical defence in butterflies. Symposio Research Entomological Society London 11: 109-134. En: Vane-Wright R.I., P.R. Ackery (Eds.). The Biology of Butterflies. London Acedemic Press.
- Brower L.P. 1995. Understanding and misunderstanding the migration of the monarch butterfly (Nymphalidae) in North America: 1857-1995. **Journal of the Lepidopterists' Society** 49: 304-385
- Brower L.P y W.H. Calvert. 1985. Foraging dynamics of bird predators on overwintering monarch butterflies in Mexico. **Evolution**. 39: 852-868
- Brown J.J. y G.M. Chippendale. 1974. Migration of the monarch butterfly, *Danaus plexippus* : Energy source. **Journal of Insect Physiology** 20: 1117-1130
- Calvert W. H., y J. A. Cohen. 1983. The adaptive significance of crawling up onto foliage for the survival of grounded overwintering monarch butterflies (*Danaus plexippus*) in México. **Ecological Entomology** 8:471-474
- Calvert W.H. y Brower, L.P. 1986. The location of monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.) overwintennng colonies in Mexico in relation

- to topography and climate. **Journal of the Lepidopterists' Society** 40: 164-187
- Calvert W.H., L. E. Hedrick y L. P. Brower. 1979. Mortality of the monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.): avian predation at five overwintering sites in México. **Science** 204:847-851
- Calvert W. H., W. Zuchowski y L. P. Brower. 1983. The effect of rain, snow and freezing temperatures on overwintering monarch butterflies in México. **Biotropica** 15: 42-47
- Calvert W. H., S. B. Malcolm., J. I. Glendinning., L. P. Brower., M. P. Zalucki., T. Van-Hook., J. B. Anderson, y L. C. Snook. 1989. Conservation Biology of Monarch Butterfly Overwintering Sites in México. **Vida Silvestre Neotropical** 2: 38-48.
- Cenedella R.J. 1971. The lipids of the female monarch butterfly, *Danaus plexippus* during fall migration. **Insect Biochemistry** 1: 244-247
- Day R.W. y G.P. Quinn. 1989. Comparisons of treatments after an analysis of variance in ecology. **Ecological Monographs** 54:433-463
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Decreto de la Reserva Especial de la Biosfera "Mariposa Monarca". Disposición Miércoles 9 de abril de 1980
- Diario Oficial de la Federación. 1986. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Decreto de la Reserva Especial de la Biosfera "Mariposa Monarca". Disposición 30 de septiembre de 1986. Decreto jueves 9 de octubre
- Espejo-Serna A., J. L. Brunhuber G. Segura y J. Ibarra. 1992. La vegetación de la zona de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en la Sierra Chincua. **Tulane Studies in Zoology and Botany** Supplementary Publication 1: 79-98
- Feldman D., J. Gagnon, R. Hofmann y J. Simpson. 1991. StatView™ II. Abacus Concepts, Inc. Berkeley, CA 94704
- Fink L. S. y L. P. Brower. 1981. Birds can overcome the cardenolide defense of monarch butterflies in México. **Nature** 291:67-70
- Franco M. y Ham J. 1995. Modelo Monarca. Un modelo de simulación de la dinámica del bosque de oyamel en la Reserva Especial de la

- Biósfera Mariposa Monarca. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, México
- Gagnon J., J. Roth, B. Finzer y R. Hofmann, K. Haycock, J. Simpson y D. Feldman. 1991. SuperANOVA. Abacus Concepts, Inc. Berkeley, CA 94704
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Glendinning J. I., A. Alonso-M., y L. P. Brower. 1988. Behavioral and ecological interactions of foraging mice (*Peromyscus melanotis*) and overwintering monarch butterflies (*Danaus plexippus*) in Mexico. **Oecologia** 75: 222-227.
- Glendinning J.I. y L.P. Brower. 1990. Feeding and breeding responses of five mice species to overwintering aggregations of the monarch butterfly. **Journal of Animal Ecology** 59: 1091-1112
- Herman W.S., L.P. Brower y W.H. Calvert. 1989. Reproductive Tract Development in Monarch Butterflies Overwintering in California and Mexico. **Journal of the Lepidopterists' Society** 43: 50-58
- Hoth J. 1993. Rural development and protection of the monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.) in Mexico: a sustainable development approach. Tesis de Maestría sin publicar. University of Guelph, Ontario, Canada
- Leong K.L.H. 1990. Microenvironmental Factors Associated with the Winter Habitat of the Monarch Butterfly (Lepidoptera: Danaidae) in Central California. **Entomological Society of America** 83: 906-910
- Madrigal S.X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht y Cham.) en el Valle de México. Instituto Nacional de investigaciones Forestales. **Boletín Técnico** 18. México, D.F. México
- Malcolm S.B. y L.P. Brower. 1989. Evolutionary and ecological implications of cardenolide sequestration in the monarch butterfly. **Experientia** 45: 284-295
- Malcolm S.B., B.J. Cockrell y L.P. Brower. 1987. Monarch butterfly voltinism: effects of temperature constraints at different latitudes. **Oikos** 49: 77-82
- Malcolm S.B., B.J. Cockrell y L.P. Brower. 1992. Continental-scale host plant use by a specialist insect herbivore: milkweeds, cardenolides

- and the monarch butterfly. Menken S.B.J., J.H. Visser y P. Harrewijn (eds). Proc. 8th International Symposium Insect-Plant Relationships. Dordrecht: Kluwer Academic Publication.
- Manzanilla H. 1974. Investigaciones epidemítricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. Dirección General de Información y Relaciones Públicas, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F. México
- Masters A. R., S. B. Malcolm y L. P. Brower. 1988. Thermoregulatory behavior and adaptations for overwintering in the monarch butterfly (*Danaus plexippus*) in México. **Ecology** 69: 458-467.
- May P. G. 1992. Flower selection and the dynamics of lipid reserves in two nectarivorous butterflies. **Ecology** 73: 2181-2191
- Montesinos-Patiño E. 1996. Estudio de la depredación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) por aves, en relación con la estructura del bosque de oyamel en un sitio de hibernación en el estado de Mich., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. México.
- Rzedowsky J. 1986. Vegetación de México. Limusa Ed., México, D.F., México 432 pp
- Soto-Núñez J. C., y L. Vázquez-García. 1993. Vegetation types of monarch butterfly overwintering habitat in Mexico. En: Biology and conservation of the monarch butterfly. Malcolm S.B. y Zalucki M.P. (Eds.). Science Papers No. 38, Natural History Museum, Los Angeles County, pp 287-293
- Smithers C.N. 1977. Seasonal distribution and breeding status of *Danaus plexippus* (L.) (Lepidoptera: Nymphalidae) in Australia. **Journal Australian Entomological Society** 16: 175-184
- Turunen S. y G.M., Chippendale. 1980. Lipid transport in the migrating monarch butterfly *Danaus p. plexippus*. **Experientia** 37: 266-268
- Urquhart F.A. 1960. The Monarch Butterfly. University Toronto Press. 361 pp
- Urquhart F.A. 1976. Found at last: The monarch's winter home. **National Geographic** 150: 160-173
- Walford P. 1980. Lipids in the life cycle of the monarch butterfly (*Danaus plexippus*). Senior Honor Thesis. Amherst College, Amherst. Massachusetts

- Wells H., P.H. Well y P. Cooks. 1990. The importance of Overwintering Aggregation for Reproductive Success of Monarch Butterflies (*Danaus plexippus* L.). **Journal of Theoretical Biology** 147: 115-131
- Wells H. y P.H. Wells. 1992. The monarch butterfly: A review. Bulletin Southern California Academic Sciences. 91: 1-25 Woodson R.E. Jr. 1954. The North American species of *Asclepias* L. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. 41:1-211
- Zalucki M.P. 1980. Animal movement and its population consequences: with a case study of *Danaus plexippus*. Tesis Doctoral. Griffith University, Queensland, Australia.
- Zalucki M.P. 1982. Temperature and rate of development in *Danaus plexippus* L. and *Danaus chrysippus* L. (Lepidoptera: Nymphalidae). **Journal of Australian Entomological Society** 21: 241-246
- Zalucki M.P. y L.P. Brower. 1992. Survival of first instar larvae of *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Danainae) in relation to cardiac glucoside and latex content of *Asclepias humistrata* (Asclepiadaceae). **Chemoecology** 3: 81-93
- Zar J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.