



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

IZTACALA

**EL PAPEL DE LAS AVES EN LA DISPERSIÓN DE LA
CACTÁCEA *Opuntia pilifera* EN ZAPOTITLÁN DE LAS
SALINAS, PUEBLA, MÉXICO.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA: LEONARDO PAZ HERRERA.

**DIRECTOR : DRA. MA. DEL CORO ARIZMENDI
ARRIAGA.**

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO

NOVIEMBRE DEL 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

-Pero no despreciéis las tradiciones que nos llegan de antaño; ocurre a menudo que las viejas guardan en la memoria cosas que los sabios de otro tiempo necesitaban saber.-

Celeborn, El Señor de los Anillos.

-El conocimiento es como un martillo: Lo puedes usar para construir casas, o para romper cabezas.-

Biol. Pablo Duromín.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mi familia. A mi Mamá por todo el amor, cuidado y educación, a mi Papá por ser un ejemplo de trabajo y apoyo, a Oscar, por el compañerismo en la infancia, y a Héctor por su creatividad y por compartir aficiones y pasatiempos. A mis abuelitas, por su cariño y atención, a mi tía Hortensia (Lala) por el apoyo económico e inspiración científica, y a mis primos por los juegos compartidos en la infancia.

A mis amistades de infancia y adolescencia: Alejandra, Claudia, Cristian, Eduardo, Febe, Itzel, Mariana, Nancy, Lizbeth (y su amigo), Rocío, Rosa, Rosario y Susana, gracias por ofrecerme su amistad cuando más la necesité.

A mis amigos de Mangacom y anexados por ósmosis: Alberto, Allan, Anais, Carlos, (Chack), Diana, Dulce, Irina, Isaac, Jacinto, Jacob, Jazmín, Josué (Josh), Juan (Borrego), Julio (Kénder), Manuel (Trujo), Marisol, Obed, Omar, Paola, Paty, Sergio (Dúraz), y Yuri, así como a los que llevo poco tiempo de conocer... especialmente a aquellos con los que no he perdido la amistad y a los que sigo frecuentando. Gracias por la amistad y la comprensión, el tiempo libre, los pasatiempos, las aventuras, campañas y partidas compartidas.

A mis amistades de Iztacala: Alejandra, Alicia, Betty, Elizabeth, Gaby (lancilla), Itzel, Karla, Lupita, Mago, Marco, Martha y Xóchitl, gracias por compartir esta gran carrera. A Luz, Raquel y Sandra, gracias por su amistad sin igual, por su cariño, por compartir bellos momentos... muchas gracias por todo. A las amistades de Museo: Emilio, Lalo, Lupita, Raquel y Sergio, y a los que aun no conozco bien. A los compañeros de Tae Kwon Do: Laura, Marcela, Rozaba y el Sr. Alfonso. Gracias por los combates, la amistad, la entrega, y la dedicación.

A la Dra. Ma. del Coro Arizmendi, gracias por aceptarme como tesita, así como por su paciencia, guía y apoyo para poner un granito de conocimiento en la Duna de la Ciencia. A la Profa. Leticia Espinosa, gracias por su amistad, su confianza y por aceptarme en diversos proyectos. A la Profa. (Kiosa) Rosa Ma. Miranda, gracias por escucharme, por sus sabios consejos y por su dedicación al prepararme dentro y fuera del doyang. A los Biólogos Jesús Ortega y Patricia Zarco, gracias por su apoyo y compañía en el campo, sin ustedes, esta tesis no sería posible. A los Profesores Tizóc Altamirano y Mary, gracias por sus enseñanzas, su amistad y su buen humor.

A mis sinodales: Dr. Héctor Godínez, M. en C. Atahualpa De Sucre, M. en C. Patricia Ramírez, Biol. Marcial García, y Biol. José Antonio Marcial. Gracias por su aceptación, sus consejos, y por hacer todo esto posible.

A la comunidad de Zapotitlan de las Salinas, Puebla, al personal del Jardín botánico "Hélio Bravo Hollins", así como a la UBIPRO, y a la FES Iztacala. Muchas gracias por hacer de la carrera de Biología una de mis mejores épocas en la vida.

A todos los que creían en mi, inclusive cuando yo no podía creer en mi, así como a todos aquellos que me han dado alegrías, buenos consejos y experiencias, aunque yo ya no los frecuente o los recuerde. A la vida, porque vivirla es simplemente lo mejor que uno puede hacer... y a la muerte, por permitirme seguir viviendo.

A mi hermana, por que sé que compartiríamos este triunfo.

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	5
Justificación	7
Objetivos	8
Área de estudio	9
Método	11
Resultados	16
Discusión	20
Conclusiones	24
Sugerencias	25
Literatura citada	26
Anexo	28

RESUMEN

Se ha estudiado la interacción entre las aves y la cactácea *Opuntia pilifera* en la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, obteniendo que existe una interacción donde las aves concretan sus visitas para alimentarse del fruto de esta. En este trabajo se evaluó el papel de las aves en la dispersión de semillas de la cactácea *O. pilifera* en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Para llevarlo a cabo, en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto del 2004, se realizaron cuatro salidas al Jardín botánico “Helia Bravo Hollis”. Se seleccionó una terraza con gran cantidad de plantas de *O. pilifera*, en donde se colectaron 18 frutos de *O. pilifera* al azar de un total de 30 individuos, de los cuales se obtuvieron semillas para ponerlas a germinar en cajas petri y obtener un patrón de germinación. También se registró durante 16 días (72hrs. de observación) las especies de aves que se alimentaron de los frutos de *O. pilifera*, así como hacia qué zonas volaban después de alimentarse. La efectividad de las especies de aves para dispersar las semillas de *O. pilifera* fue estimada como Cantidad (frecuencia relativa y frecuencia absoluta) vs. Calidad (valor de deposición). *O. pilifera* fructifica de mayo a julio, con 52.8 semillas/fruto. Se observaron 89 individuos de nueve especies que se alimentaron de los frutos de *O. pilifera*, los cuales corresponden el 10% de las especies de aves reportadas para la zona. *Carpodacus mexicanus* fue la especie que más visitó los frutos de *O. pilifera*, con 65% del total de las visitas. Las zonas que tienen principalmente plantas como mezquites, palo verde, y están acompañadas por algunas cactáceas columnares y opuntias, poseen el 67% de frecuencia de vuelo de las aves después de alimentarse de los frutos de *O. pilifera*, *C. mexicanus* y *Zenaida asiatica* cuentan con un valor de dispersión de “0”, debido a que depredan las semillas de *O. pilifera*, mientras que *Melanerpes hypopolius* y *Campylorhynchus jocosus* poseen los mejores valores de dispersión.

INTRODUCCIÓN

Las aves como la mayoría de los grupos de animales poseen diversos tipos de alimentación siendo algunas insectívoras, otras frugívoras, algunas se alimentan de granos y semillas, otras son omnívoras, también hay carnívoras y ciertas aves son carroñeras (Aguilar, 1981). A través de su alimentación, las aves juegan un papel muy importante en la naturaleza, ya que cumplen funciones específicas de las que depende en gran parte el delicado equilibrio ecológico existente. Entre las diversas formas en que las aves interactúan en los variados ecosistemas, está el alimentarse de las plantas del lugar, efectuando la polinización o la dispersión de las semillas de los frutos. Ambos factores garantizan la reproducción, el equilibrio del ecosistema, el establecimiento y la persistencia de las aves, de las especies vegetales, y al mismo tiempo, es una fuente de alimento para las aves (Chapin et al., 2000).

En el caso de la dispersión de las semillas, lo más importante es la efectividad del animal como dispersor. Esta efectividad es la contribución que un dispersor realiza para la futura reproducción de una planta (Schupp, 1993). La efectividad posee componentes tanto cuantitativos como cualitativos. La cantidad de semillas dispersadas depende del número de visitas hechas a una planta por un dispersor, y el número de semillas dispersadas por visita. La calidad de semillas dispersadas depende de la calidad del tratamiento dado a una semilla en los aparatos bucal y digestivo, y en la calidad de deposición de las semillas, determinada por la probabilidad de que una semilla depositada pueda sobrevivir y crecer hasta ser un organismo adulto (Schupp, 1993).

Opuntia pilifera posee la siguiente ubicación taxonómica (Cronquist, 1968):

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta (Angiospermae)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledonea)

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales (Cactales)

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Opuntioideae (Shumann)

Tribu: Opuntieae

Genero: *Opuntia* (Tournefort) Miller



Figura 1: *Opuntia pilifera*

Opuntia pilifera (Wever), también conocida como nopal crinado, nopal de crines, cocoche loco, piaviachi, es una planta arborescente de 1.5-4.0m alto (Figura 1). Presenta tallos ascendentes y cladodios de 12.0-20.0 cm de largo, con 15.0-20.0 cm ancho de color verde glauco a verde claro (Arias-Montes, et al., 1967).



Figura 2: Flor de *Opuntia pilifera*.

Posee flores de 4.2-6.0 cm de largo, la coloración de los pétalos varía durante el periodo de floración de rosa a rojo-púrpura (Figura 2). Los frutos miden 3.0-4.5 cm de largo, 1.5-2.7 cm de ancho; son de forma globosa, de color rojo a púrpura, y con pulpa roja; sus semillas miden 4.0-4.5 mm de largo, 2.0 mm ancho (Arias-Montes, et al., 1967). La

cantidad y tamaño de los pelos y espinas sobre los cladodios, flores y frutos varia considerablemente, pero siempre están presentes. El color de los pétalos varía durante el periodo de floración de rosa a rojo-púrpura (Arias-Montes, et al 1967). El fruto es conocido por los habitantes del lugar como “tuna” (Paredes, 2001). *O. pilifera* es una especie endémica de México, se encuentra en los estados de Oaxaca, Puebla y Tlaxcala. Su hábitat es el matorral xerófilo, preferentemente sobre los suelos calizos en elevaciones de 900-1800m. *O. pilifera* florece entre marzo y julio (Arias-Montes, et al 1967).

En el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, *O. pilifera* posee una importancia económica local, debido al agradable sabor de sus frutos y su valor nutritivo para el hombre, además de que se le da un uso menor para el forrajeo (Paredes, 2001), también como leña y para el control de suelos (Casas, et al., 2001). Los frutos y los cladodios se emplean como alimento y se aprovechan directamente las poblaciones naturales de la especie, además de que su piel y las partes aéreas se emplean en la medicina tradicional debido a su efecto antibacterial (Rocha, 2002), además de que su fruto sirve de alimento para numerosas especies de aves (Centeno y Arizmendi, en prensa) y de otros animales. Por lo tanto es necesario estudiar su reproducción natural con el propósito de contar con los elementos necesarios para proponer medidas de conservación mediante el uso y manejo sustentable, especialmente en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, donde se mantiene una flora muy diversa con una alta proporción de especies endémicas (Osorio-Beristain et al., 1996).

ANTECEDENTES

- Valiente-Banuet y colaboradores (1991). Encontraron un patrón de reemplazamiento entre cactáceas y las plantas nodrizas, así como el que la temperatura del suelo al mediodía es de 16°C menor en las plantas nodrizas, a diferencia de los espacios abiertos, pero que los niveles de nitrógeno del suelo son significativamente menores en estas condiciones.
- Valiente-Banuet y colaboradores (1991^b). Realizaron un análisis de segregación que indicó una asociación positiva entre cactáceas jóvenes y arbustos de *Mimosa luisiana*, además de que cactáceas de mayor edad se distribuían al azar con respecto a esta planta. Concluyen que se realiza un proceso de reemplazamiento entre *M. luisiana* y *Neobuxbaumia tetetzo*.
- Arizmendi y Espinoza (1996). Realizaron una lista de la avifauna de los bosques de cactáceas columnares y hábitats adyacentes. Encontrando 90 especies de aves pertenecientes a 13 ordenes y 27 familias, reportan que un grupo de especies de aves se mueve localmente y está en el valle durante las temporadas de abundancia de los recursos.
- Godínez y Valiente (1998). Realizaron investigaciones acerca del papel que tiene el suelo y la ingestión de semillas por dispersores en la germinación, encontrando que las semillas del genero *Opuntia* presentaba una germinación baja.
- Centeno y Arizmendi (en prensa). Evaluaron el efecto de la fragmentación en la interacción planta-ave en dos parches de mezquite con diferente grado de deterioro en el Valle de Zapotitlan. Encontraron 12 especies de aves que consumen el fruto o el néctar de nueve especies de plantas, siete de estas plantas pertenecientes a la familia Cactaceae. Además, realizaron una matriz de interacción planta-ave. También, reportan que *Opuntia pilifera* fructifica de Junio a Octubre, y el número de frutos por planta varía de 82 hasta 133. Este número varía al igual que su consumo por aves, el cual depende de la perturbación de la zona. Cuando fructifica, *O. pilifera* es visitada por aves como *Carpodacus mexicanus*, *Melanerpes*

hypopolius, *Mimus polyglottos*, *Passerina versicolor*, *Phaniopepla nitens* y *Toxostoma curvirostre*, los cuales se alimentan de ella complementando su alimentación con otros frutos

- Godínez, Valiente y Rojas (2002). Examinaron el efecto de los murciélagos y las aves en la dinámica poblacional del cactus columnar *Neobuxbaumia tetetzo* en el valle de Tehuacán. Determinaron la efectividad de dispersión de los diferentes frugívoros considerando componentes de calidad y cantidad de semillas dispersadas.

JUSTIFICACIÓN

Para comprender de una mejor manera la interacción planta-ave de la cual depende *O. pilifera*, se debe de tomar en cuenta no solo la alimentación del fruto por parte de las aves, también se debe evaluar la calidad de las aves como dispersores de semillas. Este trabajo pretende evaluar esta interacción biótica entre una de las cactáceas más importantes tanto ecológica como económicamente (*O. pilifera*) y las aves del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México.

OBJETIVOS

Objetivo principal: Evaluar el papel de las aves en la dispersión de semillas de la cactácea *Opuntia pilifera* en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México.

Objetivos particulares:

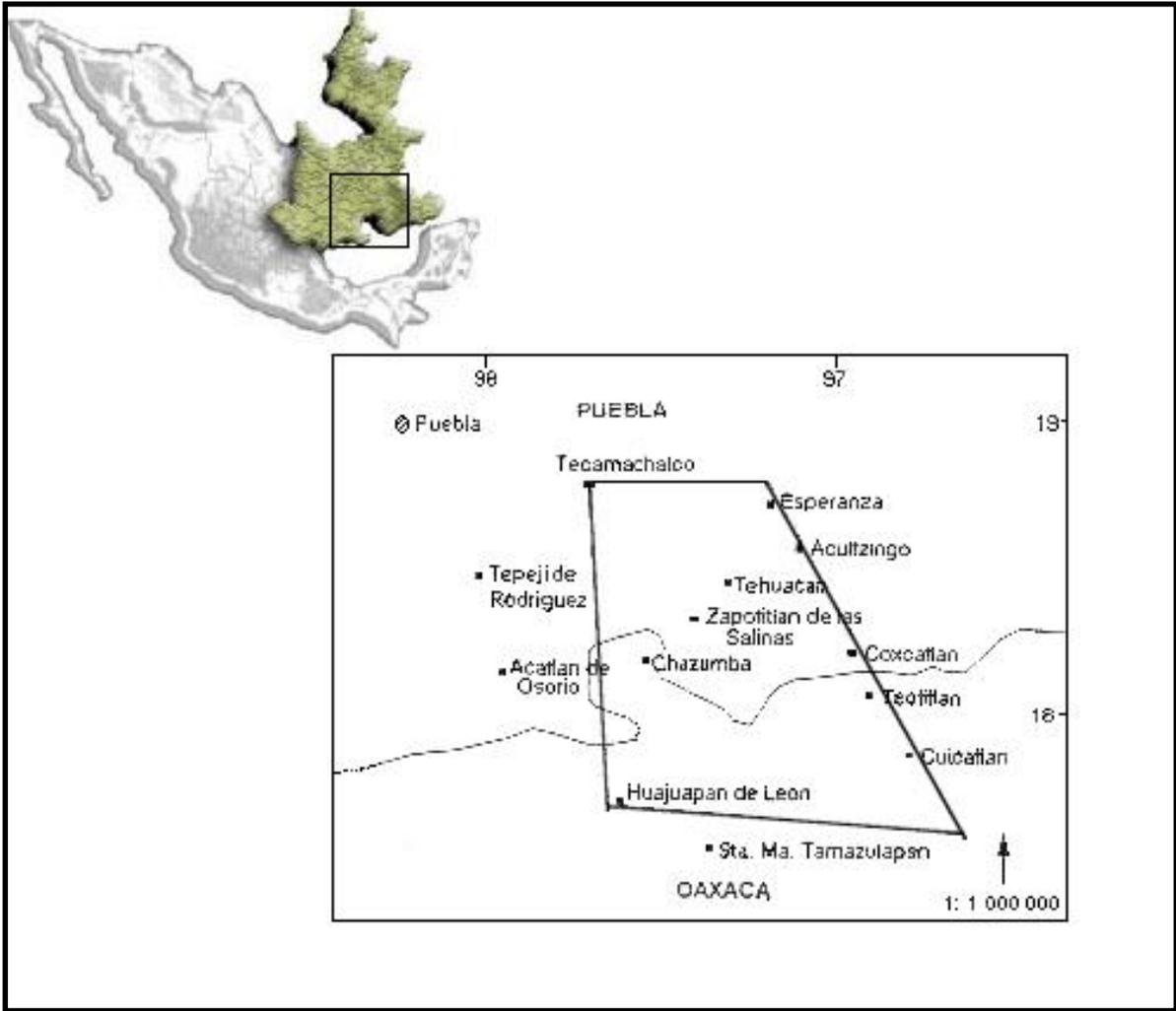
- Determinar mediante observaciones las aves que se alimentan de los frutos de *Opuntia pilifera*.
- Cuantificar los componentes de cantidad y calidad de los frutos de *Opuntia pilifera*, así como la de sus visitantes.

ÁREA DE ESTUDIO

El Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla (18°20' N, 98°28' O), es una cuenca local del Valle de Tehuacán, Puebla, que forma parte de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán y de la provincia florística del mismo nombre (Rzedowsky, 1978). Se localiza aproximadamente a 30 km al sur de la ciudad de Tehuacán, Puebla (Godínez y Valiente, 1998) (Figura 3).

El clima del Valle, basándose en la clasificación de Köppen modificado por García (1988) corresponde a BS₀hw(e)gw, “seco con régimen de lluvia en verano, observándose una canícula en la mitad del periodo de lluvias, de mayo a septiembre y mostrando el menor índice de precipitación en julio. La precipitación media anual es de 450 mm y una temperatura anual de 21°C (García, 1988). La aridez del Valle se debe a la presencia de la Sierra Madre Oriental, que obstruye el paso de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México (Valiente-Banuet, A. 1991).

El tipo de vegetación es de arbustos tropicales áridos (Rzedowsky, 1978); esta zona posee una gran riqueza de comunidades que responde a la heterogeneidad de los suelos, generando parches que conforman mosaicos de vegetación con un gran número de especies restringidas a cada uno de ellos (Osorio-Beristain et al., 1996). Los tipos de vegetación principal, edáficamente controlados, son caracterizados por la dominancia de cactáceas columnares, con densidades de 1800 individuos / ha. (Osorio-Beristain et al., 1996).



MÉTODO

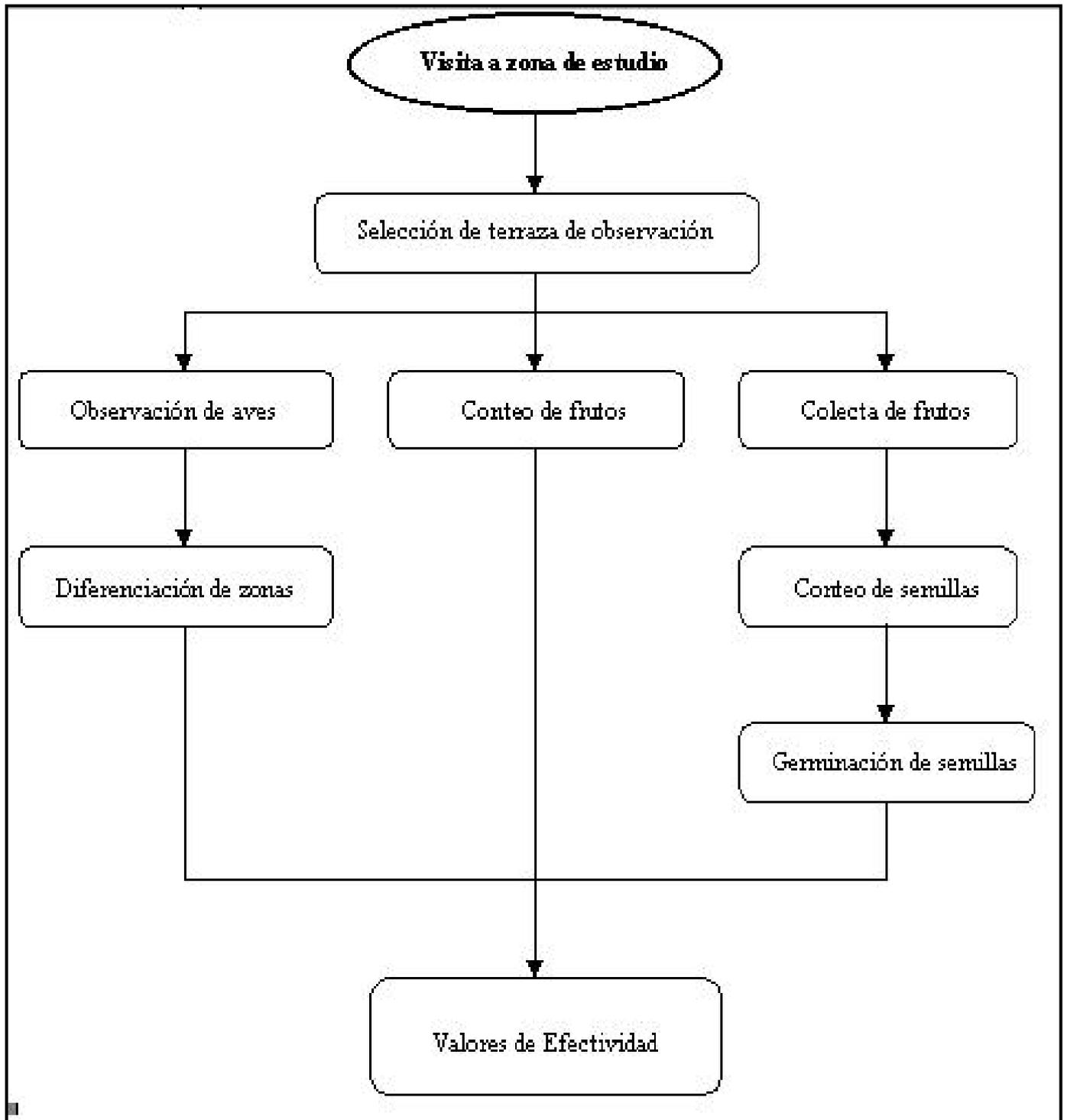


Figura 4: Diagrama de flujo.

En los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto del 2004, se realizaron cuatro salidas a la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, al Jardín botánico “Helia Bravo Hollis”, con la finalidad de encontrar frutos maduros de *Opuntia pilifera* y establecer el periodo de fructificación de la planta en esa zona.

Se seleccionó una terraza con gran cantidad de plantas de *O. pilifera*, en donde se colectaron 18 frutos de *O. pilifera* al azar de un total de 30 individuos (los individuos localizados en la terraza). De estos frutos se obtuvieron las siguientes características: tipo de fruto, número de semillas y tamaño de las semillas (medido en mm). Generalmente las semillas de *O. pilifera* son esféricas, pero muy aplanadas, debido a esto se midieron el diámetro de las semillas y su altura con la ayuda de un calibrador Vernier.

Además, en esa terraza, en el mes de julio, se obtuvo el número de frutos por cada uno de los individuos de *O. pilifera* que se ubicaban en la terraza, además de anotar el estado de los frutos. El criterio para determinar el estado de los frutos fue el siguiente:

Frutos maduros: Aquellos que mostraban un color uniforme, que va de rojo a púrpura.

Frutos mordidos: Aquellos frutos maduros que mostraran marcas de picotazos, mordeduras o de haber sido desgarrados.

Frutos inmaduros: Aquellos con coloración verdusca, o que no presentaran la coloración del fruto maduro.

Frutos dañados: Aquellos con signos de putrefacción, que han perdido su forma globosa y que poseen manchas grisáceas.

En esta misma terraza, en el mes de Julio, durante 16 días, se realizaron observaciones diarias de las aves que se alimentaron de los frutos de *O. pilifera*, de 3hrs. en la mañana (de 07:00 a 10:00) y 3hrs. en la tarde (de 14:00 a 17:00), con un total de 72 horas de observación. Estas se llevaron a cabo empleando binoculares (8x30, marca Kalimar) y una guía de campo para la identificación de las aves (Peterson y Chalif, 1989). La observación fue hecha en un sitio semi-oculto, debajo de la vegetación, desde donde se podía observar 10 plantas simultáneas.

Se observaron las técnicas de ingestión de los frutos de *O. pilifera* por parte de las diferentes especies de aves, y hacia donde volaron estas aves después de comer de estos frutos. De las áreas circundantes a la terraza de las observaciones, se delimitaron un total de seis zonas, sobre las cuales se realizó una comparación cualitativa de la vegetación entre estas zonas y se les asignó un valor numérico dependiendo de la presencia y cantidad de árboles y arbustos, para así obtener el porcentaje de deposición, el cual es importante ya que las semillas de *O. pilifera* necesitan estar en la sombra para poder germinar.

El **valor de deposición** fue acorde a las zonas de vegetación, donde dependiendo de la zona, sería asignado un valor numérico, del 1 al 4 (tomando como 1 el valor más bajo y 4 como el valor más alto) y con la posibilidad de que dos zonas puedan tener un valor similar; los números asignados representan el valor que tiene la zona para la dispersión. Este valor se multiplica por el porcentaje de las aves de una especie que visitaron una zona específica. Esta operación se lleva a cabo para cada zona, y después los resultados se suman para obtener el valor de deposición de esa especie. Esta operación se realizó para cada una de las especies de aves.

La forma en la que se asignaron estos valores es el siguiente:

Zona 1: Cactáceas columnares y mezquites (Cerro Cutá, Valor 3).

Zona2: Mezquites, palo verde, algunas cactáceas columnares y opuntias (Valor 4).

Zona 3: Algunos mezquites, palo verde, cactáceas columnares y opuntias, localizados en pequeñas terrazas (Valor 1).

Zona4: Mezquites, palo verde, algunas cactáceas columnares y opuntias (terraza de observación, Valor 4).

Zona 5: Pocos mezquites, palo verde, pocas cactáceas columnares y algunas opuntias (Valor 2).

Zona 6: Mezquites, palo verde, pirul (Valor 2).

El componente de **cantidad** se estimó usando datos de frecuencia relativa de las aves frugívoras y de la frecuencia de visitas a los frutos por hora. La **calidad** fue estimada usando datos de germinación de semillas y la probabilidad de que las semillas sean depositadas bajo arbustos o árboles, de acuerdo a las observaciones. La **efectividad** de las aves frugívoras fue calculada como el producto de tres componentes: Frecuencia relativa x Frecuencia absoluta x Valor de deposición bajo arbustos y árboles (Godínez et al., 2002).

La **frecuencia absoluta** se obtuvo como el número de visitas por hora que realizan los individuos de una especie, comparado con el número total de horas de observación. La **frecuencia relativa** fue obtenida como el valor porcentual de cada individuo de una especie, comparado con el 100% de todos los individuos observados que se alimentaron de los frutos de *O. pilifera*.

La efectividad de las diferentes especies de aves para dispersar las semillas de *O. pilifera* fue estimada como **cantidad** (el cual es considerado como la frecuencia relativa y la frecuencia absoluta) por **calidad** (que es el valor de deposición).

Se observó la germinación de semillas de *O. pilifera* para obtener la proporción de semillas germinadas y su rango de germinación. En el laboratorio, se prepararon 13 cajas Petri con papel filtro y humedecidas con agua destilada. Se colocaron 30 semillas obtenidas directamente de los frutos en cada caja, después de haber lavado estas semillas con hipoclorito de sodio al 40% durante 10 minutos para evitar la aparición de hongos. La germinación tuvo lugar en condiciones de luz natural, pero evitando que las semillas recibieran la luz directamente, y a temperatura ambiente. El número de semillas germinadas fue registrado diariamente para formar una gráfica de germinación (# de semillas germinadas contra las horas totales de observación).

RESULTADOS

En los meses de mayo, junio, julio del 2004 se encontraron plantas de *O. pilifera* con frutos maduros, con un aumento de estos en julio; sin embargo, en agosto no se encontraron frutos de *O. pilifera* en la zona de estudio.

O. pilifera tiene frutos carnosos, de color rojo a púrpura. De los frutos colectados de *O. pilifera*, se midieron 110 semillas, obteniendo como promedio 0.357 mm de diámetro ($s= 0.0346$), por 0.177 mm de altura ($s=0.0184$). De 18 frutos revisados, se obtuvo un 52.833 como número promedio de semillas por fruto ($s= 12.19$).

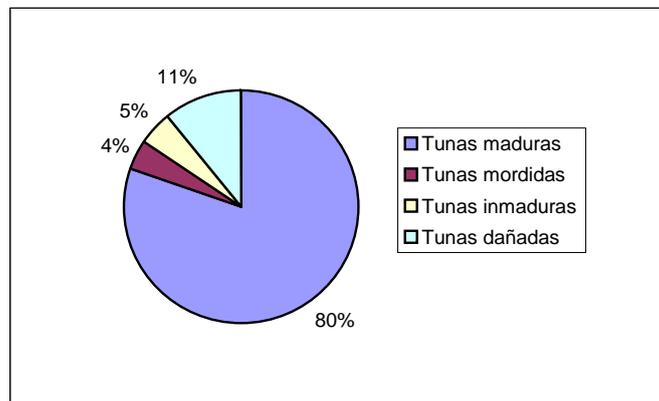


Figura 5: Porcentaje del estado de las tunas de *Opuntia pilifera*.

En julio se contaron los frutos de 72 individuos de *Opuntia pilifera*, registrándose el estado de cada fruto, en los cuales se observó que el 80% de las tunas estaban maduras y en buen estado (Figura 5). Los 72 individuos de *O. pilifera* mostraron una cantidad de frutos muy variable, desde 1 hasta 333, con un promedio de 50.4 frutos por planta ($s= 56.231$).

Las semillas obtenidas de los frutos de *Opuntia pilifera* fueron revisadas diariamente durante un total de nueve semanas para observar su germinación. De 520 semillas puestas a germinar, 318 semillas (61.15%) germinaron durante nueve semanas (Figura 6). El criterio usado

para considerar que una semilla ha germinado fue la aparición de la radícula (Godínez, et al., 2002).

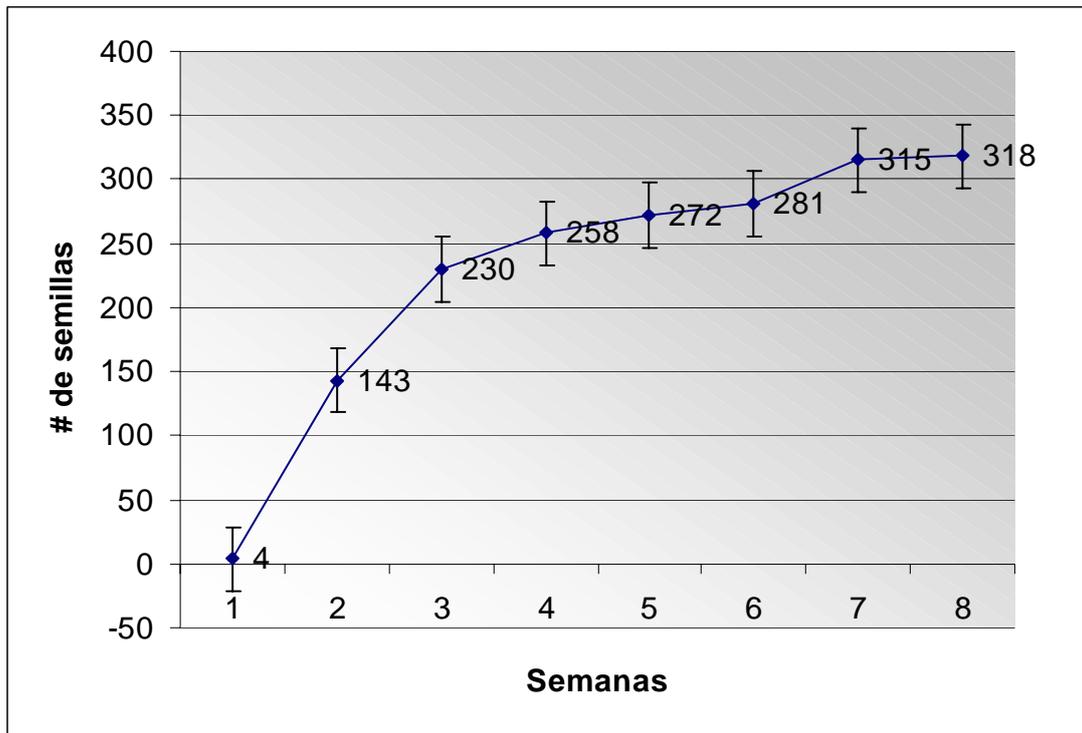


Figura 6: Gráfica de germinación de *Opuntia pilifera*.

Se observaron 89 individuos de nueve especies de aves que se alimentaron de las tunas de *Opuntia pilifera*, las cuales pertenecían a las familias Columbidae, Fringillidae, Icteridae, Mimidae, Picidae y Troglodytidae (Tabla 1). Estas aves, excepto por *Icterus spurius spurius*, componen el 10% de total de las aves reportadas para el Valle de Tehuacán (Arizmendi y Espinoza, 1996), debido a que *I. s. spurius* es un nuevo registro para la zona. *Carpodacus mexicanus* fue la especie que más visitó los frutos de *O. pillifera*, con 65% del total de las visitas (Figura 7). Las aves pertenecientes al Orden Passeriformes componen el 83% de las visitas.

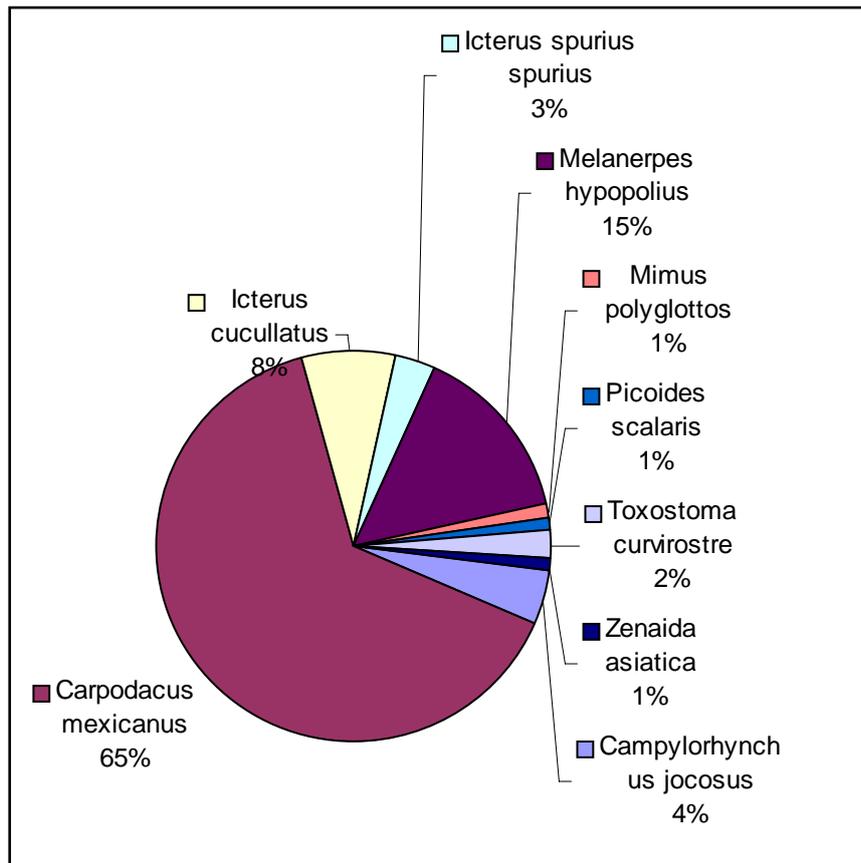


Figura 7: Porcentaje de aves que se alimentaron de los frutos de *Opuntia pilifera*.

Las zonas que tienen principalmente plantas como mezquites, palo verde, y están acompañadas por algunas cactáceas columnares y opuntias (zona 2 y zona 4), son las que poseen el 67% de frecuencia de vuelo de las aves después de alimentarse de los frutos de *Opuntia pilifera* (Figura 8).

En cuanto a la efectividad de las nueve especies, se obtuvo que *Melanherpes hypopolius* posee el valor mas alto (76.71), seguido de *Icterus cucullatus* (35.604) y de *Campylorhynchus jocosus* (27.404). *Carpodacus mexicanus* y *Zenaida asiatica* muestran valores de 0 (Figura 9).

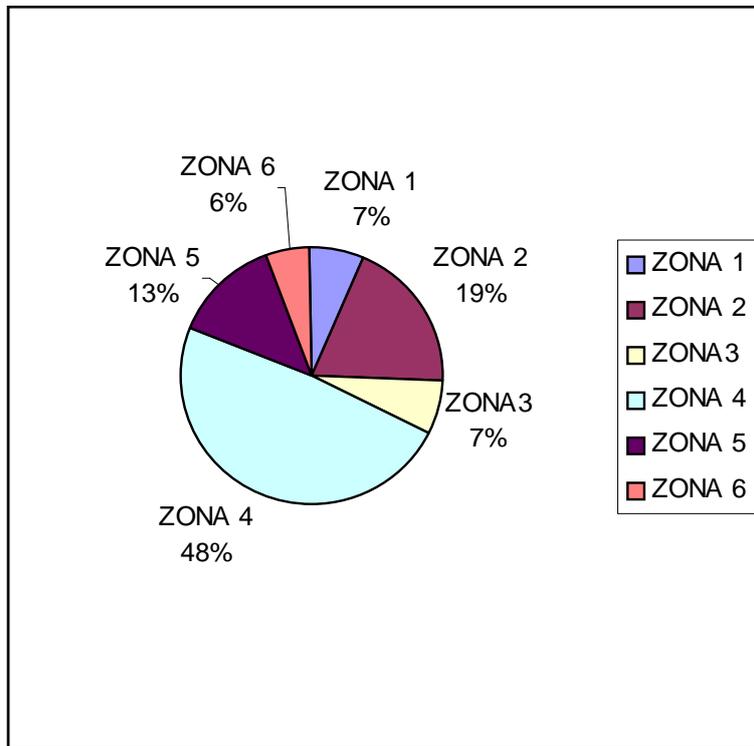


Figura 8: Porcentaje de las zonas visitadas por las aves que se alimentan de *Opuntia pilifera*.

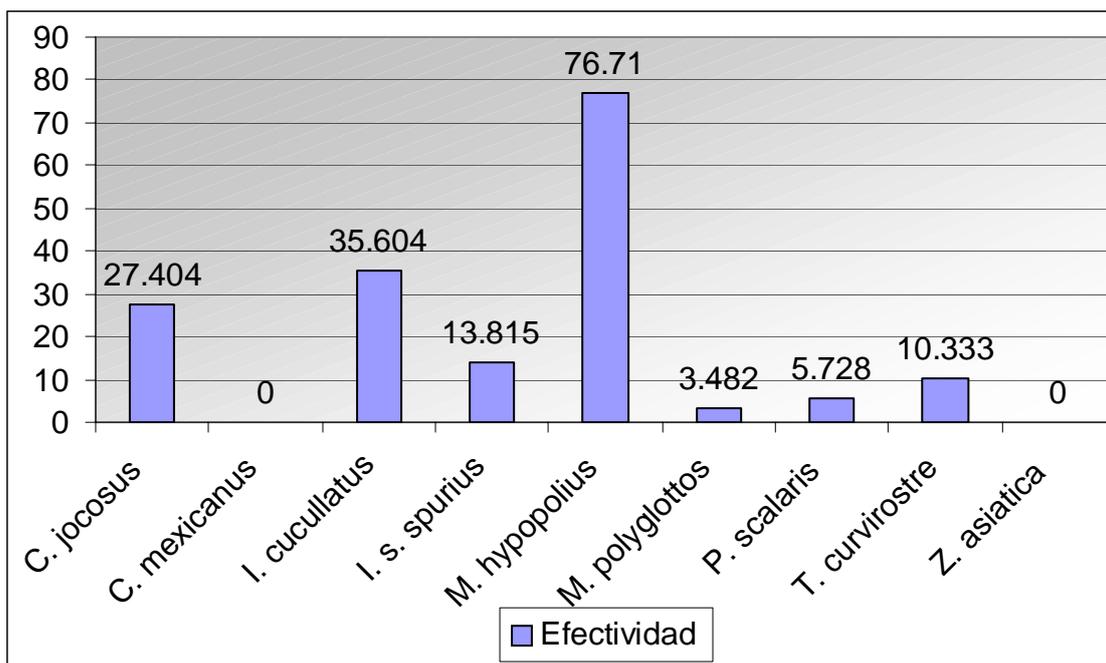


Figura 9: Valores de Efectividad para las especies que se alimentan de *Opuntia pilifera*.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos para la zona de estudio correspondiente al Jardín Botánico “Helia Bravo Hollis”, *Opuntia pilifera* fructifica durante los meses de Mayo, Junio y Julio, un mes antes de lo que se encontró en los trabajos de Centeno y Arizmendi (en prensa), y el final de la temporada del fruto fue tres meses antes (op. cit.). La diferencia en los meses de fructificación puede deberse a que este trabajo fue hecho en una sola zona, mientras que el trabajo realizado por Centeno y Arizmendi (en prensa) fue realizado en dos parches de mezquite con diferentes grados de perturbación; el número de los frutos de *O. pilifera* disminuye en zonas con mayor perturbación, por lo cual se puede decir que en zonas perturbadas, la temporada de fructificación de *O. pilifera* dura menos tiempo.

Debido a que el porcentaje de frutos en buen estado de *Opuntia pilifera* es elevado (Figura 5), aunado a la cantidad de semillas por fruto, y la germinación de semillas en buenas condiciones (Figura 6), sin necesidad de la escarificación de estas por el tracto digestivo de los dispersores; se puede considerar que *O. pilifera* es una cactácea con buenas probabilidades de ser dispersada exitosamente.

Aunque Godínez y Valiente (1998) encontraron que las semillas de género *Opuntia* poseen una germinación baja, ellos pusieron a germinar las semillas de su investigación en condiciones naturales, además de que trabajaron con *Opuntia puberula*; y en este trabajo, las semillas de *O. pilifera* fueron puestas a germinar a la sombra en laboratorio.

Trabajos hechos con *O. puberula* (una especie de cactácea de Tehuacán, Puebla), mencionan que esta semilla sí es influenciada por fluctuaciones en la temperatura e ingestión por animales (op. cit.). Estos autores también sugieren que las semillas del género *Opuntia* probablemente presente un letargo embrionario.

Aunque estadísticamente, *Carpodacus mexicanus* muestra el mayor porcentaje de aves que se alimentan de *Opuntia pilifera* (Figura 7), así como la mayor efectividad como dispersor de las semillas (Tabla 3, ver Anexo), se podría considerar a esta especie como el mejor dispersor; sin embargo, *C. mexicanus* se alimenta exclusivamente de semillas, y las especies que se alimentan de semillas usualmente tienen picos cortos y duros operados por fuertes músculos mandibulares (Welty, 1982). Estos picos son comúnmente afilados en los bordes y pueden tener camellones internos contra los que las semillas pueden ser molidas o cortadas (Welty 1982), y debido a que la calidad de un dispersor de semillas también depende del trato que se le da a las semillas al consumirlas (Schupp, 1993), esta especie a pesar de que se alimentó con un mayor porcentaje de frutos de *O. pilifera*, no es buena dispersora de semillas (Arizmendi y Espinoza, 1996, Godínez, et al., 2002). El total de esta especie es considerado como “0”. Inclusive, *C. mexicanus* puede ser considerada como “depredadora de semillas”, al igual que los mamíferos del orden Carnivora del trabajo de Godínez, et al. (2002), y por lo mismo no fue incluida para la gráfica de efectividad (Figura 9).

Zenaida asiatica también se alimenta de semillas (Arizmendi y Espinoza, 1996), y aunque las palomas tragan las semillas enteras, la acidez del estómago de las aves (pH 0.7-2.5) puede dañar las semillas de *O. pilifera* (Welty 1982), por lo cual esta especie también posee un valor de “0” en la gráfica de efectividad (Figura 8).

Melanerpes hypopolius es la segunda especie con mayor porcentaje de aparición (Figura 7), aunado a que visita dos zonas que ofrecen una buena cobertura para las semillas de cactáceas [Figura 8, Tabla 1 (ver Anexo)], y de acuerdo a los datos, cuenta con una gran efectividad [Figura 9, Tabla 3 (ver Anexo)], es la especie más efectiva como dispersor de semillas de *Opuntia pilifera*. Considerando que es importante para la efectividad de un dispersor de semillas la calidad de deposición de las

semillas, la cual es determinada por la probabilidad de que una semilla depositada pueda sobrevivir y volverse un organismo adulto (Schupp, 1993), *M. hypopolius* cumple con esta condición.

El resto de las aves encontradas en este trabajo que se alimentaron de los frutos de *Opuntia pilifera*, lo complementan con insectos (Arizmendi y Espinoza, 1996); incluyendo a *Campylorhynchus jocosus*, el cual se había reportado solo como insectívoro (Arizmendi y Espinoza, 1996). *C. jocosus* es la segunda ave con mayor valor de efectividad [Figura 9, Tabla 1 (ver Anexo)], y aunque su valor de efectividad sea menos de la mitad con respecto al de *M. hypopolius*, es necesario remarcar que *C. jocosus* es un ave endémica de México y que se presenta en el Valle de Tehuacán, Puebla (Arizmendi, et. al. 1996).

La gran talla de *M. hypopolius* y de *C. jocosus* puede explicar la fácil obtención de porciones de fruto de *Opuntia pilifera*, los cuales son fácilmente tragados con muchas semillas; esto es importante, ya que el número de semillas dispersadas por visita es factor crucial para la efectividad de un dispersor. Hay que puntualizar que la morfología de las aves frugívoras tiene una fuerte y compleja influencia en la selección de los frutos para el alimento (Moermond, et al., 1986). Muchas aves que se alimentan de frutos regurgitan las semillas después de digerir la pulpa, o pasan a través del canal alimentario tan rápido que no solo salen ilesas, además están mejor preparadas para la germinación al estar reblandecidas y ser provistas de estiércol que acelera su germinación (Welty, 1982); estas características definen la relevancia de ambas especies como importantes dispersores de semillas de *O. pilifera*.

La zona con mayor porcentaje de visitas fue en la que *Opuntia pilifera* es muy abundante, además de que existe una buena cobertura de plantas nodrizas que brindan buenos cuidados a las semillas; una de las zonas menos visitadas es la que brinda poca protección para las semillas de *O. pilifera*, y la zona menos visitada no posee plantas de la especie *O. pilifera* (Figura 7). Los resultados

obtenidos en el presente trabajo confirman lo dicho por Garcia (2000) y otros autores sobre la importancia que poseen las plantas nodrizas para la germinación y supervivencia de las semillas de *O. pilifera*.

El fruto de *O. pilifera* es llamativo para muchas aves debido a su coloración rojiza, ya que estas poseen un gran sentido de la vista (Welty, 1982), además de que puede ser una fuente importante de carbohidratos; el fruto es blando y carnoso, lo cual facilita perforarlo y obtener pedazos de frutos. Al realizar el vuelo para alimentarse de los frutos, las aves gastan más energía si quieren obtener frutos de mejor calidad (Moermond, et al., 1986). Aunque la dispersión geográfica de las plantas por parte de las aves sea relativamente común, y no requiera una alta adaptación especializada de las plantas o las aves (Welty, 1982), las aves frugívoras eligen frutos dulces, y debido a que la detección (de las aves) en la variación del azúcar ocurre naturalmente entre especies (de plantas) frutales, puede ser que las aves sean un importante factor en la evolución de la frutas dulces (Levey, 1987).

En cuanto a la dispersión realizada por otros animales, los carnívoros dispersan las semillas de una vasta mayoría de fruta ingerida, y solo un 0.89% de las semillas dispersadas por ellos se les encontró un daño evidente (Herrera, 1989); sin embargo, algunos mamíferos frugívoros terrestres como el coyote (*Canis latrans*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) no afectan la germinación de las semillas, pero considerando que esas especies defecan en espacios abiertos y/o en cuevas, donde el establecimiento y germinación de las semillas es muy poco probable, pueden ser considerados como “depredadores de semillas” (Godínez, et al., 2002). Inclusive, en trabajos con plantas del lugar como *Stenocerus pruinosus*, *U. cinereoargenteus* presentó porcentajes de germinación más bajos con respecto a un control (García, 2000).

CONCLUSIONES

En el Jardín botánico “Helia Bravo Hollis”, *Opuntia pilifera* fructifica durante los meses de Mayo, Junio y Julio, para el mes de Agosto ya no aparecen frutos de esta especie.

Las aves son importantes dispersoras de las semillas de *Opuntia pilifera*, por lo que contribuyen al mantenimiento y conservación de la biodiversidad. Además, brindan una dispersión de calidad debido a que sólo consumen frutos maduros con semillas maduras y frecuentemente las depositan en sitios adecuados y lejanos.

De acuerdo a las características evaluadas en el presente trabajo, *Opuntia pilifera* es una fuente de alimento importante, al menos para nueve especies de aves de la región.

Melanerpes hypopolius mostró ser el ave que dispersa las semillas de *Opuntia pilifera* con mayor efectividad, seguida de *Campylorhynchus jocosus*. Esta última merece una atención especial por ser una especie endémica del Valle de Tehuacán. *Carpodacus mexicanus* y *Zenaida asiatica* mostraron ser las aves que más visita a *O. pilifera*, pero por ser especies granívoras se consideran las de menor efectividad.

SUGERENCIAS

Muchos animales frugívoros destruyen algunas de las semillas que consumen y dispersan otras; el resultado de esa depredación y mutualismo individuales, puede aumentar o disminuir la población de la planta (Bouchar, 1982), Por lo tanto, es importante evaluar el paso de las semillas a través del tracto digestivo de los dispersores (no solo aves), ya que esta tiene influencia en la calidad de dispersión (Schupp, 1993). También es necesario evaluar la germinación de semillas en condiciones naturales, debido a que las modificaciones al microambiente por parte de las plantas nodrizas mejoran la germinación de las semillas y facilitan la supervivencia de estas (Valiente, et al.,1991a), así como la competencia producida por otras cactáceas al competir por las plantas nodrizas, ya que hay un patrón de reemplazamiento entre las cactáceas columnares y las nodrizas con las que se protegen (Valiente-Banuet, et al, 1991b). Este patrón de facilitación-competencia por parte de las plantas nodrizas gobierna los patrones de coexistencia y estructura de las comunidades semiáridas con cactáceas dominantes (Valiente-Banuet, et al, 1991c). Cabe mencionar que se debe estudiar el efecto de las aves depredadoras de semillas al tragar parte de la pulpa, ya que algunas semillas podrían ser tragadas en vez de ser rotas con el pico; así también, su papel como factor adverso en la dispersión de las semillas de las plantas, debido a que al alimentarse de las semillas de una planta en específico, permiten que las semillas de otras plantas tengan la oportunidad de ser dispersadas, y sucesivamente, de formar parte en la composición vegetal de la zona. Hay que señalar que estos factores también pueden ser afectados por el grado de perturbación en la zona de estudio, entonces, por lo que se recomienda hacer estudios comparativos entre zonas con diferentes grados de perturbación.

ANEXO

Tabla 1: Frecuencia de vuelo hacia una zona de vegetación después de alimentarse de los frutos de *Opuntia pilifera*.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6
<i>Campylorhynchus jocosus</i>		4				
<i>Carpodacus mexicanus</i>		9	1	38	7	2
<i>Icterus cucullatus</i>	4		1		2	
<i>Icterus spurius spurius</i>					3	
<i>Melanerpes hypopolius</i>		4	3	5		1
<i>Mimus polyglottos</i>			1			
<i>Picoides scalaris</i>	1					
<i>Toxostoma curvirostre</i>	1					1
<i>Zenaida asiatica</i>						1
TOTAL	6 (7%)	17 (19%)	6 (7%)	43 (48%)	12 (13%)	5 (6%)

Tabla 2: Frecuencia absoluta y relativa de las especies de aves que se alimentan de los frutos de *Opuntia pilifera*.

Familias	Especies	Numero de individuos	Frecuencia relativa (visitas /hora)	Abundancia relativa (%)
Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	1	1.236	1.123
Fringillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	57	70.452	64.011
Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	7	8.652	7.861
	<i>Icterus spurius spurius</i>	3	3.708	3.369
Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	1	1.236	1.123
	<i>Toxostoma curvirostre</i>	2	2.472	2.246
Picidae	<i>Melanherpes hypopolius</i>	13	16.068	14.599
	<i>Picoides scalaris</i>	1	1.236	1.123
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus jocosus</i>	4	4.944	4.492

Tabla 3: Tabla de efectividad de las aves dispersoras de semillas de *Opuntia pilifera*.

<u>Especies</u>	<u>Frecuencia relativa</u>	<u>Frecuencia absoluta</u>	<u>Valor de deposición</u>	<u>Efectividad</u>
<u><i>Campylorhynchus jocosus</i></u>	<u>4.492</u>	<u>4.944</u>	<u>17.968</u>	<u>27.404</u>
<u><i>Carpodacus mexicanus</i></u>	<u>64.011</u>	<u>70.452</u>	<u>232.461</u>	<u>366.924</u>
<u><i>Icterus cucullatus</i></u>	<u>7.861</u>	<u>8.652</u>	<u>19.091</u>	<u>35.604</u>
<u><i>Icterus spurius spurius</i></u>	<u>3.369</u>	<u>3.708</u>	<u>6.738</u>	<u>13.815</u>
<u><i>Melanherpes hypopolius</i></u>	<u>14.599</u>	<u>16.068</u>	<u>46.043</u>	<u>76.71</u>
<u><i>Mimus polyglottos</i></u>	<u>1.123</u>	<u>1.236</u>	<u>1.123</u>	<u>3.482</u>
<u><i>Picoides scalaris</i></u>	<u>1.123</u>	<u>1.236</u>	<u>3.369</u>	<u>5.728</u>
<u><i>Toxostoma curvirostre</i></u>	<u>2.246</u>	<u>2.472</u>	<u>5.615</u>	<u>10.333</u>
<u><i>Zenaida asiatica</i></u>	<u>1.123</u>	<u>1.236</u>	<u>2.246</u>	<u>4.605</u>