



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

FENOLOGÍA Y EFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DE
HÁBITAT EN TOJI (*Phoradendron californicum* Nutt.) EN
EL VALLE DE SANTO DOMINGO, B.C.S., MÉXICO.

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestra en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación Ecología de Zonas Áridas)

Presenta

Denisse Guadalupe Morales Perea

La Paz, Baja California Sur, Agosto de 2015

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 16:00 horas del día 30 del Mes de agosto del 2015, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Fenología y efectos de la fragmentación de hábitat en Toji (*Phoradendron californicum*) en el Valle de Santo Domingo, B.C.S., México."

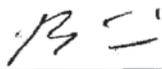
Presentada por el alumno:

Denisse Guadalupe Morales Perea

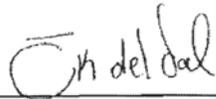
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **Ecología de Zonas Áridas**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

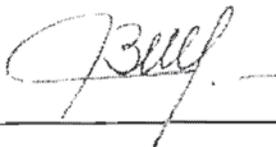
LA COMISION REVISORA



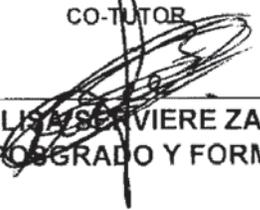
Dr. Ricardo Rodríguez Estrella
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Ek del Val de Gortari
CO-TUTOR



Dra. Julieta Benítez Malvido
CO-TUTOR



DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

CONFORMACIÓN DEL COMITÉ

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella

Director de Tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste de México, S. C., La Paz,
B.C.S.

Dra. Julieta Benítez Malvido

Co-Tutor

Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Pátzcuaro, Michoacán.

Dra. Ek del Val de Gotari

Co-Tutor

Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Pátzcuaro, Michoacán.

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella

Dra. Julieta Benítez Malvido

Dra. Ek del Val de Gortari

JURADO DEL EXAMEN DE GRADO

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella

Dra. Julieta Benítez Malvido

Dra. Ek del Val de Gortari

SUPLENTE

Dr. Pedro Peña Garcillán

RESUMEN

Las interacciones bióticas tienen un papel central en la estructuración, funcionamiento y estabilidad de los ecosistemas. Dentro de las interacciones, las redes hospedero-parásito son las menos estudiadas sin embargo se sabe que dichas relaciones influyen en las tasas de mortalidad, crecimiento y reclutamiento. El toji (*Phoradendron californicum*) es una planta hemiparásita que parasita principalmente a árboles de la familia Fabacea. Se distribuye a lo largo de la porción árida suroeste de Estados Unidos y el norte de México. Se ha observado que la relación que establece el toji con sus hospederos no muestra repercusiones muy negativas en los mismos, a menos de que existan condiciones ambientales adversas. También se conoce que el toji tiene una relación mutualista con el ave capulinerio *Phainopepla nitens* ya que funge como su principal dispersor y el toji le recompensa con el contenido de sus frutos. La información existente del toji, ya sea desde una óptica de interacciones o de biología básica de la especie es, en general, escasa.

Por otro lado la fragmentación es un proceso que involucra tanto la pérdida de hábitat como el aislamiento del hábitat restante, afectando tanto las interacciones entre especies como su dinámica poblacional. En lo que se refiere al efecto que pueda tener la fragmentación en la infestación de toji sobre sus hospederos, aún es desconocido en el ecosistema de desierto. Sin embargo, en estudios previos se demuestra que el grado de incidencia de los muérdagos está claramente relacionado con la fragmentación del bosque.

Con el objeto de conocer la fenología del toji así como el efecto que pueda tener la fragmentación en la infestación de esta planta parásita sobre sus hospederos, se hizo un diseño de trabajo en el Valle de Santo Domingo, B.C.S., donde se trabajó en un área fragmentada y en una no fragmentada. En el diseño, se localizaron árboles parasitados por toji, se georreferenciaron, se contabilizó el número de

parásitos en cada hospedero y se realizaron revisiones periódicas; en cada revisión se registraba el estadio reproductivo en el que se encontraba cada planta.

Con los datos recabados se describió la fenología reproductiva del toji. Se observó la etapa de floración de finales de verano a finales de primavera, la de fructificación en otoño e invierno y la de crecimiento en verano. Se determinó la proporción de sexos de los tojis, que resultó de 1:1, siendo el primer reporte de dicha proporción en muérdagos. No se observaron diferencias en los estadios, a excepción del número de plantas inmaduras, ni en las proporciones de sexo entre el área fragmentada y el área continua. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el número de plantas parásitas entre el área fragmentada y el área continua. Tampoco se observó, para la zona fragmentada, relación alguna entre el grado de infestación y superficie del fragmento, las distancias al fragmento, área continua o zona urbana más cercana. Por lo anterior se puede concluir que, la fragmentación tiene influencia en el reclutamiento (plantas inmaduras) de toji, siendo este mayor en el área no fragmentada que en la fragmentada, lo que se puede deber a la presencia de *Phainopepla nitens* en el área continua. Para el resto de los casos analizados la fragmentación no ejerce una influencia significativa en la relación hospedero-parásito del toji, así como en la fenología y proporción de sexos del mismo. Este resultado parece ser el resultado de la dispersión del toji por aves que no tienen barreras de movimiento de y hacia fuera de cada parche. El aporte más importante de esta tesis es 1. haber generado la información detallada de la fenología del toji, 2. que las poblaciones estudiadas presentan una proporción de sexos 1:1 que no era lo esperado, y 3. que la fragmentación del hábitat del desierto no parece afectar la incidencia de parasitismo en la planta huésped del toji pero sí el reclutamiento de este.

Palabras clave: *Phoradendron californicum*, fragmentación, planta parásita.

ABSTRACT

Biotic interactions play a central role in structuring, functioning and stability of ecosystems. Within interactions, host-parasite networks are the least studied but it is known that these relationships affect mortality rates, growth and recruitment. Toji (*Phoradendron californicum*) is a hemiparasitic plant that parasite mainly Fabacea family trees. It is distributed along the arid southwestern portion of the United States and northern Mexico. We observed the relationship established with their hosts Toji not show a very negative impact on them, unless there are adverse environmental conditions. Also referred to Toji has a mutualistic relationship with the bird bowerbird phainopepla as serves as its main disperser and toji rewarded with the content of fruit. Toji existing information, either from the perspective of interactions or basic biology of the species is generally scarce.

On the other hand fragmentation is a process that involves both habitat loss and isolation of remaining habitat, affecting interactions between species and their population dynamics. As regards the effect of any infection fragmentation Toji on their hosts, it was still unknown in the desert ecosystem. However, previous studies show that the degree of impact of mistletoe is clearly related to forest fragmentation.

In order to know the phenology of Toji and the effect of any fragmentation in the infestation of this parasitic plant on their hosts, he was a design work in the Valley of Santo Domingo, BCS, where he worked in an area fragmented and on a non-fragmented. In the design, trees were found parasitized by Toji, were georeferenced, the number of parasites counted in each host, each host height was measured and periodic reviews are conducted; in each review the reproductive stage in which each plant was was recorded.

Using the data collected reproductive phenology Toji was described. Flowering stage from late summer to late spring, fruiting in autumn and winter and growth in summer was observed. The sex ratio of Tojis was determined and it resulted to be

1:1, being the first report of such proportion in mistletoe. No differences in stages or sex ratios between the fragmented area and the continuous area were observed. No significant differences were found in the number of parasitic plants between the fragmented area and the continuous area. Nor it was observed for the fragmented area, a relationship between the degree of infestation and the height of the hosts, the fragment surface, distances to fragment, continuous area or nearest urban area. Therefore it can be concluded that fragmentation exerts a significant influence on the host-parasite Toji, relationship and in the phenology and sex ratio thereof. This result appears to result from the dispersion of Toji by birds that have movement barriers and out of each patch. The most important contribution of this thesis is 1. have generated detailed information phenology Toji, 2. that the studied populations have a sex ratio 1: 1, which was not expected, and 3. that the fragmentation of habitat desert does not seem to affect the incidence of parasitism in the host plant Toji.

Key words: *Phoradendron californicum*, habitat fragmentation, plant parasite.

DEDICATORIA

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Al CIBNOR

A CONACYT por la beca otorgada (278744)

Al proyecto SEP-CONACYT (155956) “Consecuencias de la fragmentación en diferentes grupos biológicos desde una perspectiva molecular a una paisajística” a cargo del Dr. Ricardo Rodríguez Estrella en el cual este proyecto está inserto.

Al comité revisor:

Julieta Benítez (CIECO, UNAM) y Ek del Val de Gortari (CIECO, UNAM).

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
2. ANTECEDENTES.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	7
4. OBJETIVOS.....	8
4.1 GENERAL.	8
4.2 ESPECÍFICOS.	8
5. HIPÓTESIS.....	9
6. MATERIALES Y MÉTODOS	10
6.1 ÁREA DE ESTUDIO.	10
6.2 TRABAJO DE CAMPO.	14
6.3 ANÁLISIS DE DATOS.	15
6.3.1 FENOLOGÍA	15
6.3.2 PROPORCIÓN DE SEXOS.	16
6.3.3 FRAGMENTACIÓN.	16
7. RESULTADOS	18
7.1 FENOLOGÍA.	18
8.1 FENOLOGÍA.	25
8.2 PROPORCIÓN DE SEXOS.	27
9. CONCLUSIONES	34
10. LITERATURA CITADA.....	35
11. ANEXOS.....	43
ANEXO 1. Descripción de los estadíos de Toji.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Especies de aves y reptiles potenciales a fungir como dispersoras del Toji.	11
Tabla II. Características de los fragmentos incluidos en el estudio con relación a su área y a su conectividad.	12
Tabla III. Número de tojis por meses que se revisaron y los cuales se usaron para determinar los estadíos reproductivos o de crecimiento.	19
Tabla IV. Número de plantas muertas cuantificadas en cada una de las revisiones. Se revisaron 251 tojis.	22
Tabla V. Resultados de las comparaciones entre sitios mediante el Análisis de Varianza Unifactorial por rangos de Kruskal- Wallis para hembras y machos por separado.	22
Tabla VI. Comparaciones realizadas mediante la prueba Wilcoxon- Mann Whitney para cada estadío entre el área fragmentada y el área continua.	23
Tabla VII. Resultados obtenidos en la regresión múltiple	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sitios seleccionados para el estudio.	13
Figura 2. Proporción de Tojis en algún estadio reproductivo o de crecimiento.....	19
Figura 3. Fenología floral por estadios del Toji.	20
Figura 4. Proporción de Tojis en alguna etapa de fructificación	21
Figura 5. Flor incipiente	43
Figura 6. Flores etapa 1	44
Figura 7. Flores etapa 2.	45
Figura 8. Flores etapas 2, 3 y 4 de un macho.....	46
Figura 9. Flores etapas 3 y 4 de una hembra	47
Figura 10. Frutos inmaduros y frutos amarillos.	48
Figura 11. Frutos maduros.....	49
Figura 12. Inmaduro.....	50

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos de la ecología es entender los mecanismos que influyen en la estabilidad de un ecosistema, así como la persistencia del mismo (Hutchinson, 1957; McCann, 2000). Diversos autores sugieren que las interacciones bióticas son un factor determinante que influye en la estructuración de un sistema (p.e. Bascompte *et al.*, 2003; Bascompte y Jordano, 2007), por lo que el estudio de las interacciones entre organismos ha jugado un papel preponderante para entender los mecanismos que permiten la estabilidad en la estructura y función de los sistemas (May, 1972; McCann, 2000). Los esfuerzos de investigación referente a las interacciones biológicas se pueden clasificar de forma general en tres tipos: (1) redes tróficas tradicionales; (2) redes mutualistas y (3) redes hospedero-parásito (Ings *et al.*, 2008), siendo estas últimas las que cuentan con una menor información disponible.

Dentro de las interacciones mutualistas se encuentra la dispersión de semillas, en que el agente externo requerido para el transporte de la semilla es un animal (ectozoocoria, mirmecocoria y endozoocoria). Una relación bien documentada es la que se establece entre las aves y las semillas de diferentes frutos, como por ejemplo los frutos de muérdago, debido a que tanto las semillas como las plantas son muy conspicuas (Martínez del Río *et al.*, 1996). Dicha relación entre muérdagos y aves parece dar como resultado una correlación positiva entre el nivel de parasitismo y la dispersión de las semillas (Martínez del Río *et al.*, 1996).

Los parásitos son organismos que dependen de otros para llevar a cabo parte o la totalidad de su ciclo de vida, obteniendo los nutrientes necesarios de su o sus hospederos, lo que puede dañar al hospedero sin necesariamente ocasionarle la muerte inmediata. Los parásitos son importantes en el funcionamiento de los ecosistemas, de hecho, son raros los organismos que se encuentran en el medio natural y no presentan alguna interacción con parásitos, por otra parte la mayoría de los parásitos son altamente específicos respecto a su hospedero o tienen un rango muy limitado de hospederos (Begon *et al.*, 2006).

Se ha documentado que las plantas poseen sistemas complejos de defensa contra los parásitos. Estas defensas pueden constituir barreras físicas o biológicas contra la invasión de otros organismos y pueden estar activas esté la planta parasitada o no; o pueden también activarse como respuesta a una infestación. Posterior a que una planta sufre una infestación o ataque por algún patógeno se haya suscitado, su sistema de defensa crea resistencia contra ataques subsecuentes así mismo el parásito por contraparte desarrollará estrategias para evadir el sistema de defensa de los hospederos, es de ésta forma como se ha dado la co-evolución entre las plantas parásitas y sus hospederos (Begon *et al.*, 2006).

El muérdago de desierto (*Phoradendron californicum* Nutt.) conocido localmente como toji (Santalaceae), es una planta dióica, hemiparásita, ya que tiene actividad fotosintética, la cual le permite fijar carbono. El agua y nutrientes los obtiene de la planta hospedera, conectándose a su sistema vascular, ya que los individuos del género *Phoradendron* tienen raíces poco desarrolladas (Hull y Leonard, 1964; Larson, 1991; Nickrent, 2002; Vargas-Rojas, 2011). La alta tasa de transpiración del Toji ocasiona que éste mantenga un potencial hídrico mucho menor al del hospedero, obteniendo el agua y nutrientes de éste El toji parasita a varias especies de árboles desérticos, siendo los hospederos más comunes las leguminosas leñosas (*Parkinsonia* y *Prosopis* spp; Larson, 1991).

El Toji se distribuye a lo largo de la porción árida suroeste de Estados Unidos y el norte de México (Larson, 1991). Los individuos de Toji crecen sobre sus hospederos en una forma parecida a racimos agregados. Se ha reportado para el estado de Baja California los principales hospederos son *Prosopis glandulosa*, *P. articulata*, *Acacia greggii*, *Parkinsonia microphylla*, *Olneya tesota* (Overtone, 1997). Para algunos sitios se ha reportado también que el autoparasitismo es muy común haciendo a *Phoradendron californicum* otro hospedero importante (Overtone 1993).

El tiempo de floración varía entre lugares, para Baja California se han observado en los meses de febrero y marzo. Las hembras producen múltiples frutos de 5 mm de diámetro, en promedio, dichos frutos alcanzan su madurez en el periodo de

noviembre a marzo (Overtone, 1997). Su fruto consta de un embrión desnudo rodeado por capas, una de un fluido mucilaginoso (sustancia pegajosa que permite la fijación del embrión a un sustrato), una pulpa acuosa (pericarpio) y exocarpio (Gedalovich – Shedletzky *et al.*, 1989). La intervención de los animales es necesaria para procesar y distribuir la semilla, ya que el exocarpio tiene que ser removido, al menos en parte, para que quede expuesto el mucílago que le permite a la semilla adherirse a la rama del hospedero (Larson, 1996). Por lo anterior, es esperable que la planta invierta recursos para atraer a los dispersores adecuados; dicha inversión puede ser en el contenido nutricional (pericarpio) o en la cantidad de frutos que produce, ya que a una mayor cantidad de frutos aumentan las probabilidades de remoción (Larson, 1991).

En lo que respecta a la demografía de las poblaciones de muérdagos, en particular referente a la proporción de sexos la mayoría de información existente sobre el sesgo en la proporción de sexos de plantas proviene de plantas terrestres enraizadas. Por el otro lado la información disponible sobre el tema en plantas hemiparásitas o parásitas, es escasa. Sin embargo los estudios existentes en muérdagos han encontrado una mayor proporción de hembras que de machos en sus poblaciones de estudio (Showler, 1974; Barlow y Wiens, 1976; Wiens y Barlow, 1979; Nixon y Todzia, 1985).

Con relación a la interacción planta-parásito, cuando los árboles hospederos con múltiples infestaciones se encuentran próximos unos con otros, es más probable que las aves dispersoras visiten dichos árboles que si estuvieran rodeados por árboles que no estén parasitados (Sargent, 1990).

Los efectos de la infestación de Toji sobre sus hospederos aún no son bien entendidos. Algunos autores como Hull y Leonard (1964) han estudiado aspectos fisiológicos del Toji concluyendo que éste tiene capacidades fotosintéticas, por lo que es capaz de obtener por sí mismo parte de su energía. Otros autores corroboraron lo señalado por Hull y Leonard (1964) aunque observaron que la

interacción del Toji con su hospedero resulta perjudicial para éste último en condiciones de sequía severa (Lei, 2001; Spurrier, 2004; Spurrier y Smith, 2007).

Por otro lado, la fragmentación del hábitat es un proceso que involucra tanto la pérdida de hábitat como el aislamiento del hábitat restante (p.e. Andrén, 1994; Farhig, 2003; Harrison y Bruna, 1999, entre otros). Lo que puede repercutir en diversos aspectos de las poblaciones que se encuentran en los ambientes fragmentados. Para el caso de las plantas Aguilar *et al.* (2008) encontraron que la fragmentación de hábitat tiene un efecto negativo muy notorio en la diversidad genética y en las tasas de entrecruzamiento así como en las tasas de endogamia en la progenie. Aguilar *et al.* (2006) concluyeron que la fragmentación tiene un efecto negativo sobre los polinizadores de las plantas limitando la actividad de los mismos, lo que conlleva a un menor éxito reproductivo en las plantas. Respecto a la relación de los polinizadores con las plantas se cuenta con estudios donde observaron que las visitas de los polinizadores nativos son menos frecuentes conforme disminuye el tamaño de los fragmentos en tanto que las visitas de los polinizadores generalistas y no nativos aumenta en fragmentos pequeños (Aizen *et al.* 1994). Estudios previos han encontrado que el grado de incidencia o infestación de los muérdagos, es decir el número de plantas que se encuentran en cada hospedero, está claramente relacionado con la fragmentación del bosque, ya que se ha observado en bosques una mayor incidencia de muérdago (*Psittacantus schiedeanus*) en los bordes de los parches que en el interior de éstos (López de Buen *et al.* 2002). También se ha observado en otro sistema, una menor cantidad de muérdago (*Amyema michelii*) en parches pequeños, esto como resultado de la alteración de los hábitos de forrajeo de las aves dispersoras (Norton *et al.* 1995). En lo que se refiere al efecto que pueda tener la fragmentación del hábitat y del desierto en general, en la infección de Toji sobre sus hospederos, aún es desconocido. La ruptura de procesos mutualistas, como consecuencia de distintos tipos de perturbaciones de origen antrópico, es uno de los factores que pueden afectar la biodiversidad en general, promoviendo la sobreabundancia o la escasez de muérdago dependiendo del proceso que afecte la fragmentación (disponibilidad

de hospederos y de dispersores), ya que la relación que establece el muérdago con éstos es de tipo denso-dependiente (Norton *et al.* 1995; Aizen *et al.* 2002; López de Buen *et al.* 2002). Dado lo anteriormente expuesto, éste trabajo pretende detallar la fenología de Toji, así como generar información básica como la proporción de sexos en la población de estudio, así como dilucidar si la fragmentación de hábitat tiene un efecto en el número de plantas parásitas que se encuentran sobre un hospedero y las características de los fragmentos que pudieran explicar dicho patrón de incidencia de las plantas parásitas en los hospederos.

2. ANTECEDENTES

Aukeman y Martínez del Río (2002) concluyeron que las poblaciones de Toji son metapoblaciones, en las cuales los árboles hospederos actúan como parches y la frecuencia de infestación es el resultado de diferencias interespecíficas entre la colonización y la extinción, los cuales se encuentran íntimamente relacionados con los hábitos de sus dispersores ya sean especialistas o generalistas (Larson, 1996).

Se ha observado que el Toji y el capulinerero negro (*Phainopepla nittens*) han establecido una relación mutualista, ya que el capulinerero es el dispersor por excelencia de las semillas de Toji (Walsberg, 1975). El capulinerero negro obtiene una fuente de alimento con un alto contenido de agua, mientras que el Toji gana la dispersión de sus semillas (Spurrier, 2004).

Estudios previos han demostrado que los muérdagos del género *Phoradendron* dependen de su hospedero para la obtención de agua y nutrientes inorgánicos (Ehleringer *et al.* 1985) pero no de carbono (Hull y Leonard, 1964). Dado que los muérdagos tienen actividad fotosintética y por lo tanto son autotróficos, al menos en parte, los individuos deben localizarse, sobre el hospedero, en sitios donde la luz puede acceder con facilidad. Factores como el tamaño del hospedero y la localización dentro del hospedero así como el número de parásitos en el mismo hospedero, afectan el crecimiento y reproducción del muérdago.

Dawson *et al.* 1990 encontraron para el muérdago *Phoradendron juniperium* una mayor proporción de machos que de hembras.

Para *Phoradendron tomentosum* Nixon y Todzia (1985) sugieren que el sesgo en la proporción de sexos se puede deber a varios factores, desde la traslocación heterocigótica hasta diferencias en mortandad y crecimiento.

Hough *et al.* (2013) desarrollaron modelos genéticos poblacionales para estudiar las relaciones entre la proporción de sexos evolutivamente estables, la selección haploide y carga de mutaciones deletéreas, proporcionando una explicación evolutiva para el sesgo en las proporciones de sexos en plantas dioicas.

Los estudios realizados en ecosistemas templados y tropicales fragmentados concluyen que el tamaño de los fragmentos o remanentes del hábitat natural condiciona la riqueza de especies. Por otro lado, algunas investigaciones han encontrado que ciertas actividades humanas, como las agrícolas, pueden beneficiar a algunas especies por generarse “nuevos nichos”, por lo que tienen una mayor disponibilidad de alimento (Valencia *et al.* 1980; Rodríguez-Estrella *et al.* 1998; Rodríguez-Estrella, 2007).

3. JUSTIFICACIÓN

Debido a que las relaciones de parasitismo en plantas, en general, son de las menos estudiadas en el campo de las interacciones, resulta importante la generación de conocimiento de la ecología de dichas relaciones, ya que funcionan como reguladoras de poblaciones y estructuradoras de comunidades. Lo anterior adquiere mayor importancia cuando se trata de un contexto de fragmentación de hábitat ya que se sabe que dicho proceso modifica e interfiere en las interacciones bióticas.

La información de la fenología reproductiva y de la proporción de sexos de una especie son importantes para entender la ecología y demografía de las especies. Por tanto, presentar ambos aspectos para el Toji aparte de proporcionar información básica sobre la biología de la especie en el desierto de la península de Baja California, permitirá evaluar si la proporción de sexos es alterada por el proceso de fragmentación dados los posibles cambios en la abundancia y ocurrencia de los dispersores.

Debido a que los muérdagos son dependientes del hospedero, no sólo por el sustrato sino también por recursos críticos para su crecimiento, los muérdagos pudieran ser considerados como un modelo para el estudio de la influencia ambiental ya sea en el grado de infestación o en la proporción de sexos.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL.

Determinar el efecto de la fragmentación de hábitat en el grado de infestación de Toji sobre sus hospederos en el desierto de BCS.

4.2 ESPECÍFICOS.

1. Conocer la fenología anual de Toji tanto en fragmentos (sitios con diferente superficie y conectividad) como en áreas no fragmentadas.
2. Determinar si existen diferencias en el grado de infestación de Toji en fragmentos y en sitios no fragmentados.
3. Conocer la proporción de sexos del Toji, tanto en el área continua como en la fragmentada.
4. Conocer si existe una relación entre la altura de los hospederos y el grado de infestación en áreas fragmentadas y continuas.
5. Relacionar la infestación del Toji en los parches con la superficie de los mismos así como con diferentes distancias, ya sea a parches o áreas continuas cercanas o a centros urbanos.

5. HIPÓTESIS

Si la fragmentación está influyendo en alguno de los procesos propios de la dinámica poblacional de la especie como puede ser la mortandad, la proporción de sexos, la polinización o el proceso de dispersión de la semilla de Toji, entre otros, se espera encontrar diferencias en la infestación de Toji al contrastar el sistema fragmentado con el sistema no fragmentado. Así mismo, de encontrarse diferencias entre los sistemas, se espera que alguna característica propia de la fragmentación de hábitat explique la mayor o menor infestación de Toji sobre sus hospederos.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 ÁREA DE ESTUDIO.

El Valle de Santo Domingo se encuentra en el estado de Baja California Sur en el municipio de Comondú, colinda al norte con el municipio de Mulegé, al este con el municipio de Loreto y Golfo de California, al oeste con el Océano Pacífico y al sur con el municipio de La Paz (IICA-COFUPRO, 2010) (Fig. 1). Tiene una altitud menor a 100 m s.n.m. y se encuentra incluido en la provincia fisiográfica de la planicie costera Magdalena.

El clima predominante es de tipo Bwh (árido cálido) con una temperatura promedio de 21.2°C. El Municipio de Comondú tiene dos tipos de climas: seco muy cálido y cálido en la mayor parte de su superficie y el seco templado en la parte central del territorio. En los meses de invierno, las masas de aire polar invaden a la península y enfrían aún más el ambiente durante la noche, por lo que se producen las heladas en los meses de diciembre, enero y parte de febrero (Rzedowski, 1978.; IICA-COFUPRO, 2010).

La precipitación promedio anual puede variar entre 111-150 mm; la mayor parte de las lluvias ocurren en verano aunque se ha reportado que en invierno pueden presentar el 30% de las lluvias (Cardona *et al.* 2003).

El Valle de Santo Domingo es el área agrícola de mayor extensión en Baja California Sur. El área fragmentada comprende 120 000 ha aproximadamente de las cuales el 8% continúa presentando vegetación característica del desierto sonorense. La vegetación nativa remanente se encuentra distribuida en 122 fragmentos aislados entre sí y rodeados de áreas que han sido descampadas con fines de siembra (Munguia *et al.* 2013).

Mediante observaciones no sistemáticas en el área de estudio, así como comentarios personales y algunos trabajos de la avifauna regional (Rodríguez-Estrella, 2007), se ha podido elaborar la siguiente lista con los organismos que pudieran fungir como dispersores potenciales del Toji.

Tabla I. Especies de aves y reptiles potenciales a fungir como dispersoras del Toji.

Residentes	Migratorias
<i>Mimus polyglottos</i>	<i>Zonotrichia leucophrys</i>
<i>Icterus cucullatus</i>	<i>Chondestes grammacus</i>
<i>Icterus parisorum</i>	
<i>Melanerpes uropygialis</i>	
<i>Colaptes chrysoides</i>	
<i>Picoides scalaris</i>	
<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	
<i>Ctenosaura hemilopha</i>	

Se trabajó en una zona no fragmentada a la que se le llamará también continua y en parches de la zona fragmentada. En la zona no fragmentada se eligieron dos sitios de muestreo mientras que para la fragmentada se eligieron siete parches (Fig. 1) con diferentes superficies y distancias, del centroide del parche a los centroides del parche más cercano, área continua y poblado (Tabla II).

Tabla II. Características de los fragmentos incluidos en el estudio con relación a su área y a su conectividad.

Sitio	Distancia a Parche más cercano (km)	Distancia a área continua (km)	Superficie (ha)	Distancia a poblado (km)
1	2.32	16.78	92.8	4.4
2	4.94	9.03	1134	4.9
3	4.94	15.51	67.2	7.5
4	2.39	11.92	226	8.4
5	1.12	10.7	34	9.1
6	4.8	20.7	40.6	3.8
7	5.58	9.24	1111	1.02

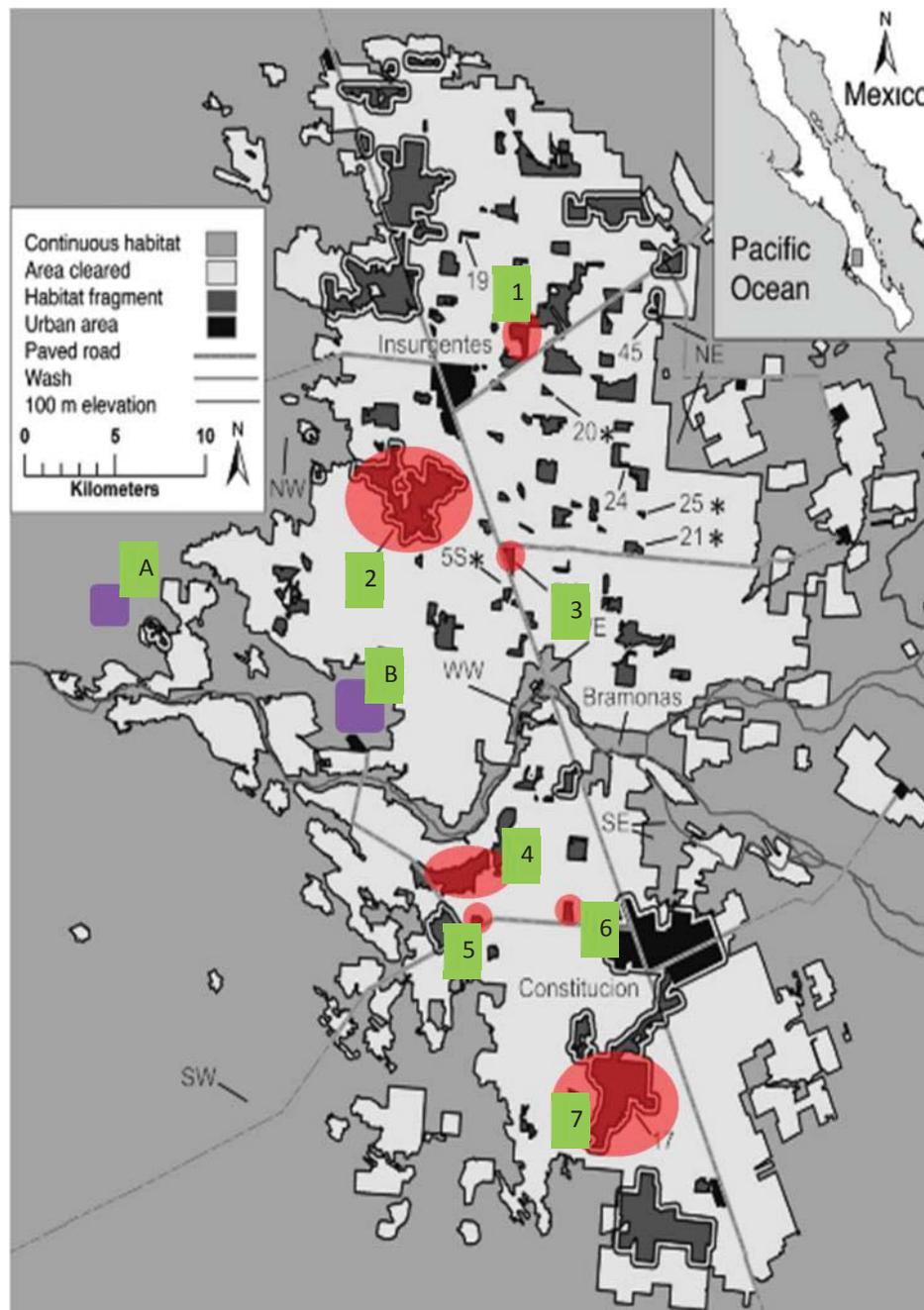


Figura 1. Sitios seleccionados para el estudio. En rojo se marcan los parches, las áreas continuas en morado y en verde se encuentra el número que se le asignó al fragmento y la letra para el área continua.

6.2 TRABAJO DE CAMPO.

En Noviembre de 2013 se realizaron recorridos en diferentes fragmentos para ubicar los Tojjs y con base en su abundancia (al menos 15 plantas por sitio) hacer la selección de los sitios. Asimismo, se eligieron los sitios que tenían la misma especie de hospedero (palo verde, *Parkinsonia microphylla*). Una vez seleccionados los sitios (Fig. 1) se procedió a georeferenciar los hospederos, medir su altura, contar los Tojjs en cada uno y marcarlos a manera de individualizarlos para revisiones posteriores, así como describir las etapas de floración y/o fructificación en las que se encontraban; dichas revisiones se hicieron cada 3 a 7 semanas.

Los estadíos de floración y fructificación se describen detalladamente en el Anexo I. Cabe mencionar que la antesis es la etapa 3 de floración; en esta etapa fue cuando se pudo conocer el sexo o género de los Tojjs; es también la etapa en que se observa la mayor actividad de polinizadores y/o visitantes florales. La etapa 5 es exclusiva de los machos por lo que también se puede conocer el género de plantas en este estadío (Observación personal).

Debido a causas de fuerza mayor no se cuenta con los datos de las últimas tres semanas de mayo y de todo el mes de junio de 2014. Tampoco fue posible obtener datos de las tres últimas semanas de septiembre y del mes de octubre, debido a que el día 6 de septiembre parte de la zona de influencia del huracán Norbert pasó sobre el área de estudio, causando lluvias muy torrenciales (SMN, 2014), lo que impidió el acceso a los sitios de muestreo. Posteriormente, el 14 de septiembre de 2014 el huracán Odile impactó en las inmediaciones del estado, paralizando todas las actividades de muestreos por alrededor de 6 a 8 semanas.

Las características de los fragmentos como superficie y conectividad se obtuvieron empleando Google Earth Pro. Para obtener las distancias de un parche a otro, al área continua y al centro urbano más cercano se emplearon centroides tanto del parche que se analizara como del área continua, a otro parche y centro

urbano, esto con el objeto de minimizar los efectos que pudieran tener los bordes de otros parches o el inicio del área continua, por ejemplo.

6.3 ANÁLISIS DE DATOS.

6.3.1 FENOLOGÍA

Se elaboró una descripción gráfica de los estadios de las plantas parásitas a lo largo de los meses de muestreo, para lo cual se realizó una gráfica donde se apreciaran, de forma general el periodo de floración, fructificación y crecimiento del Toji; una segunda gráfica sólo con las etapas detalladas de la floración, por lo que se puede apreciar el momento de desarrollo de la flor, la antesis y el periodo posterior a la polinización; y una tercera gráfica de la fructificación con las etapas desarrolladas, como la formación del fruto, el proceso de maduración y los últimos estadios de la misma.

Se realizaron las pruebas *a priori* pertinentes de Normalidad (Kolmogorov-Smirnov y de Homocedasticidad (Barlett; Zar 1999) para todos los datos analizados. Debido a que los datos no se distribuían normalmente ($p < 0.05$ para todos los casos) se emplearon pruebas no paramétricas.

Se realizó un Análisis de Varianza Unifactorial por rangos de Kruskal- Wallis para cada uno de los estadios, con el fin de detectar diferencias entre sitios del número de plantas en cierto estadio. El número de plantas que presentaban determinado estadio fue la variable respuesta, en tanto que la variable categórica fueron los sitios. En el análisis se incluyeron a todos los sitios sin considerar al área fragmentada de la continua, ya que de existir diferencias entre estas se evidenciarían al hacer las pruebas *a posteriori*. Todas las pruebas estadísticas se realizaron empleando un $\alpha = 0.05$ en el programa Statistica 12.0.

6.3.2 PROPORCIÓN DE SEXOS.

Para determinar si existían sesgos en la proporción de sexos del Toji entre sitios y dado que también fueron datos que no seguían una distribución normal se emplearon: un Análisis de Varianza Unifactorial por rangos de Kruskal- Wallis para detectar diferencias en la cantidad de hembras entre sitios y otro similar para detectar diferencias en el número de machos entre sitios. De igual forma se llevó a cabo una prueba de Wilcoxon- Mann Whitney para detectar diferencias entre el número de machos y el número de hembras totales. Se realizó el mismo análisis para cada uno de los sitios, es decir, contando la prueba con el total de hembras y machos, se realizaron 7 pruebas de Wilcoxon- Mann Whitney más.

6.3.3 FRAGMENTACIÓN.

Se hizo una prueba de Wilcoxon-Mann Whitney por estadío para detectar diferencias significativas entre la zona continua y fragmentada con respecto al número de plantas inmaduras, en alguna fase de floración o fructificación por separado. Se realizaron en total 10 pruebas.

Para determinar si había un efecto de la fragmentación en el grado de infestación, se desarrolló una regresión múltiple; previo a la regresión se realizaron las pruebas *a priori* y dado que los datos no siguieron una distribución normal ($p < 0.05$ para todos los casos), se optó por normalizarlos empleando la transformación Raíz cuadrada del arco-seno (eq.1).

$$bij = \frac{2}{\pi} * \arcsin(\sqrt{xij})$$

eq.1

donde b_{ij} es el dato que resulta de la transformación y x_{ij} es el dato original.

Una vez normalizados los datos se desarrolló una regresión múltiple para dilucidar si la infestación de Toji (número de plantas en cada hospedero; variable dependiente) se relaciona en cierta medida, en los fragmentos, con la superficie, la distancia al fragmento, también se usó la altura de los hospederos como otra variable independiente. Con la altura de los hospederos se realizaron las pruebas *a priori* y dado que al menos en un sitio las alturas no siguieron una distribución normal, también se realizó un Análisis de Varianza Unifactorial por rangos de Kruskal- Wallis, donde la altura de los hospederos fue la variable respuesta y los sitios la variable categórica.

7. RESULTADOS

7.1 FENOLOGÍA.

Se observó un ciclo anual del Toji y se distinguieron y describen 5 estadíos en los machos (4 de floración y 1 crecimiento) y 8 en las hembras (4 de floración, 4 de fructificación y 1 de crecimiento; Anexo I, que muestra con fotografías estos estadíos). La mayoría de las plantas tuvieron algún porcentaje de su volumen en estadío de crecimiento o inmaduro (Inm) durante todo el año y casi todas las plantas lo tuvieron en el mes de julio (Fig. 2). En julio, también se observó la mayor proporción de plantas en el estadío de crecimiento. Se observó el ciclo de floración de Noviembre-Diciembre a Abril-Mayo (4-5 meses aprox.). El pico de floración se observó en el periodo abril-mayo; el incremento de agosto-septiembre se debe al comienzo de desarrollo de nuevas flores. La proporción de plantas fructificando se mantuvo relativamente baja de diciembre a mayo, lo que concuerda con el periodo de floración. El periodo de fructificación abarcó de julio a diciembre (5 meses) (Fig. 2).

Se encontraron diferencias significativas entre las etapas del toji por separado (inmaduro, floración y fructificación) para todos los meses empleando un Análisis de Varianza Unifactorial por rangos de Kruskal- Wallis ($p < 0.05$ para todos los casos).

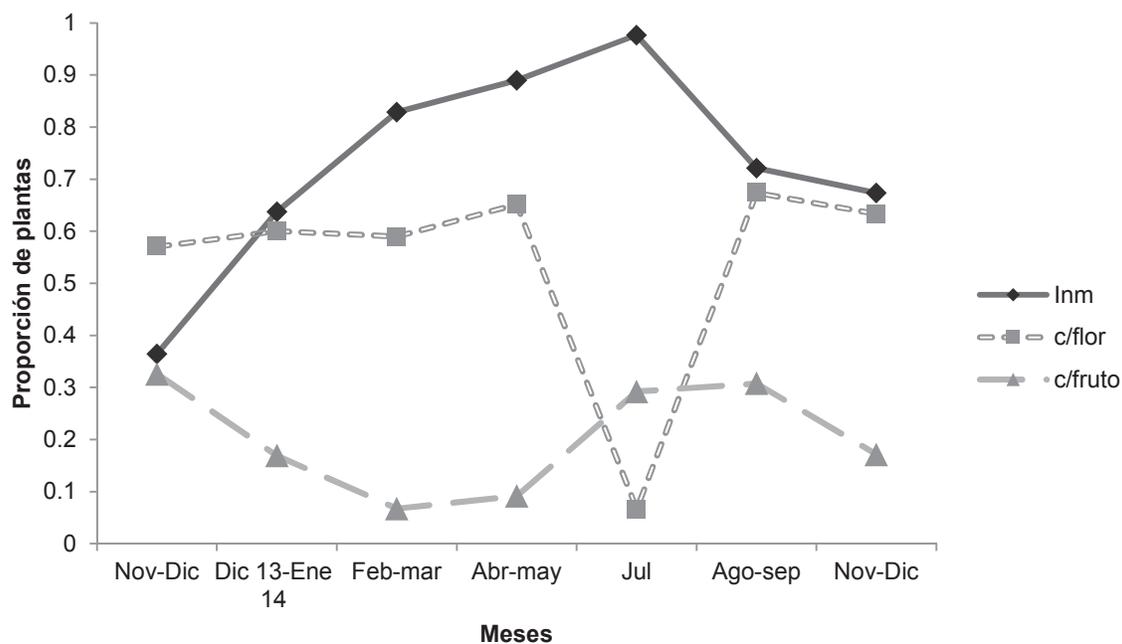


Figura 2. Proporción de Tojils en algún estadio reproductivo o de crecimiento.

Tabla III. Número de tojils por meses que se revisaron y los cuales se usaron para determinar los estadios reproductivos o de crecimiento.

Meses	N tojils
Dic 13-Ene 14	232
Feb-Mar	608
Abr-May	536
Jul	452
Ago-Sep	405
Nov-Dic	473

El periodo de desarrollo de la flor se observó de agosto a diciembre; desde el inicio del desarrollo de la flor al momento en que está lista para la polinización transcurrieron al menos 6 meses. Cada estadio de floración duró entre 7 y 8

semanas. La antesis (etapa 3) se observó de mediados de diciembre a principios de mayo (4 meses; 16 semanas); la mayor proporción de plantas registradas en este estadio se observó en el periodo Feb-Mar. La actividad de floración es mínima de julio a septiembre, periodo en el que se comenzaron a ver plantas en alguna etapa de la fructificación (Fig.3).

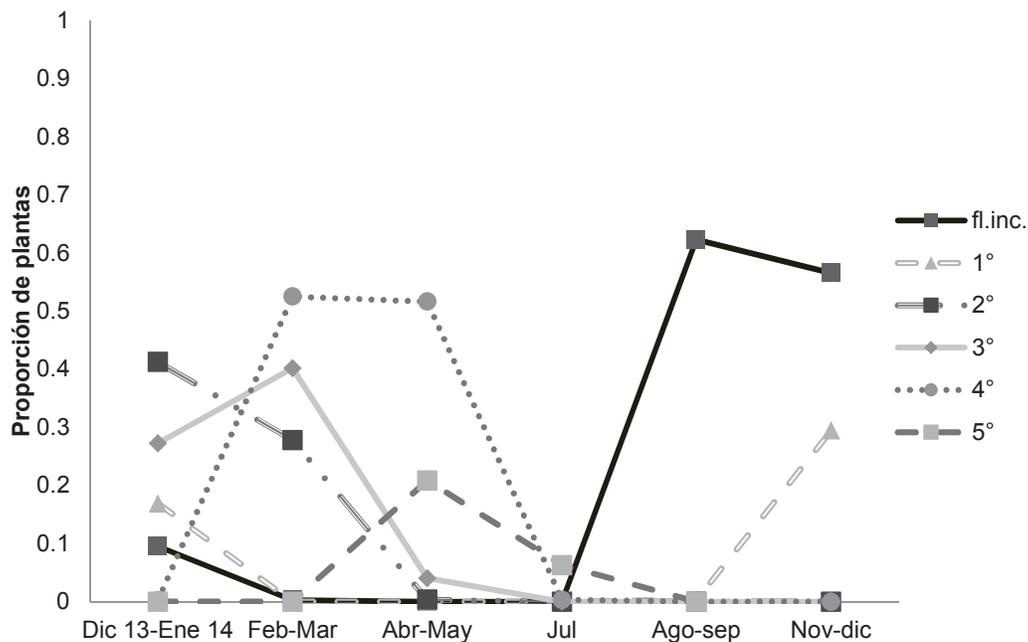


Figura 3. Fenología floral por estadios del Toji.

Se observó el comienzo de desarrollo del fruto a partir de julio. Durante casi todo el año una pequeña proporción de plantas se encontró en algún estadio de fructificación, a diferencia de la floración. Cada estadio de fructificación dura entre 5 y 10 semanas aproximadamente tomando en cuenta la mayor proporción de plantas en cada uno. Los estadios de fruto amarillo y maduro se observaron durante el invierno, aunque también es posible que en junio (periodo en el que no se cuenta con datos); una proporción de las plantas presentaron frutos maduros ya que en mayo se observaron plantas con frutos amarillos. Cabe resaltar que la proporción

de plantas que llegaron a presentar frutos amarillos y maduros, fue muy baja (<5% de 168 hembras) (Fig.4).

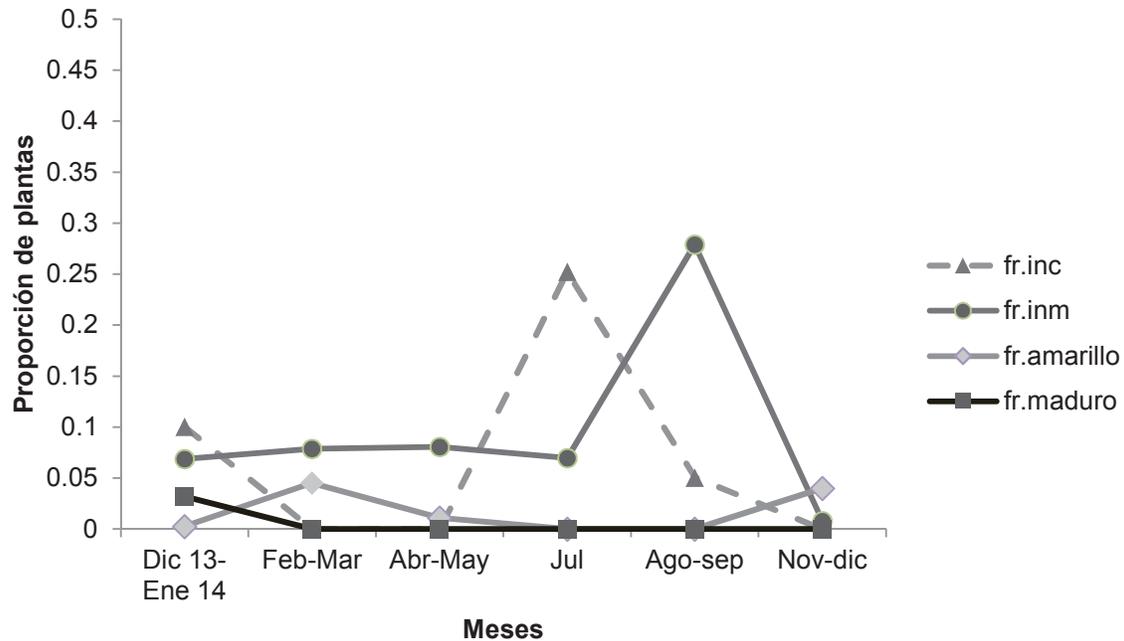


Figura 4. Proporción de Tojis en alguna etapa de fructificación. Cabe señalar que menos del 30% de las plantas fueron hembras activas.

Se presenta información de la mortandad de los Tojis durante los muestreos, observando que se presentaron dos aumentos notorios, uno en agosto y otro en noviembre (Tabla IV).

Tabla IV. Número de plantas muertas cuantificadas en cada una de las revisiones. Se revisaron 251 tojis.

Meses	No. plantas muertas
Dic 13-Ene 14	5
Feb-Mar	6
Abr-May	8
Jul	4
Ago-Sep	16
Nov-Dic	28

7.2 PROPORCIÓN DE SEXOS.

Se pudo determinar el sexo de 325 plantas, 157 fueron machos, 168 hembras y de éstas sólo 51 se encontraban en algún estadio de fructificación.

No se encontraron diferencias significativas en cuanto a la proporción de hembras y machos en ninguna de las comparaciones ($p > 0.05$ para todos los casos). Es decir, se observó la misma cantidad de hembras que de machos totales y por sitios. Tampoco se encontraron diferencias en la proporción de sexos entre las áreas continuas y los fragmentos (Tabla V).

Tabla V. Resultados de las comparaciones entre sitios mediante el Análisis de Varianza Unifactorial por rangos de Kruskal- Wallis para hembras y machos por separado.

Variable	Estadístico H	Valor de p	N
No. Hembras	14.93	0.06	92
No.machos	8.59	0.37	94

7.3 FRAGMENTACIÓN.

Mediante la prueba de Wilcoxon- Mann Whitney se detectaron diferencias significativas entre la zona continua y fragmentada sólo con respecto al número de plantas inmaduras ($z=4.2$, $p<0.05$) (Tabla V). La mediana de la zona continua fue mayor para ambos estadíos.

Tabla VI. Comparaciones realizadas mediante la prueba Wilcoxon- Mann Whitney para cada estadío entre el área fragmentada y el área continua.

Variable	Estadístico z	Valor de p
Inmaduro	-4.2	0.03
flor inc.	-3.3	0.72
1°	1.5	0.99
2°	3.3	0.77
3°	2.1	0.83
4°	-3.4	0.87
5°	2.2	0.99
fruto.inc	0.4	0.87
fr.inm	2.1	0.89
fr.amarillo	1.1	0.98
fr.maduro	3.3	0.02

La infestación de Toji en sus hospederos no se encuentra relacionada con ninguna de las variables independientes incluidas en el modelo, es decir, ni la superficie, ni la distancia a fragmento, área continua o centro urbano parecen explicar la infestación de toji sobre sus hospederos (Tabla VII).

Tabla VII. Resultados obtenidos en la regresión múltiple

Regression Summary for Dependent Variable: No.plantas (Spreadsheet1) R= .28468859 R²= .08104759 Adjusted R²= .02853603 F(4,70)=1.5434 p						
N=75	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(70)	p-value
Intercept			-0,.761833	4,.002520	-0,.190338	0,.849595
Superficie	0,.104454	0,.273157	0,.000860	0,.002248	0,.382396	0,.703326
Dist. parche mas cercano	0,.225126	0,.159554	0,.591644	0,.419316	1,.410975	0,.162681
Dist. área cont.	0,.179897	0,.198126	0,.167868	0,.184878	0,.907995	0,.366996
Dist.poblado	0,.042153	0,.180968	0,.064740	0,.277939	0,.232928	0,.816497

8. DISCUSIÓN

8.1 FENOLOGÍA.

La presencia de las etapas de floración y fructificación durante todo el año para el muérdago *Phoradendron californicum*, como las que se observaron en el presente estudio, ya habían sido reportadas previamente en comunidades vegetales de la región, en el sur de Baja California Sur (León de la Luz *et al.* 1996), así como en otras regiones para otros géneros de muérdagos (Carabias-Lillo y Guevara-Sada, 1985). Sin embargo, no se contaba hasta este estudio con un estudio fenológico detallado de la especie, pero resultó complicado identificar el tiempo aproximado de las distintas etapas, como por ejemplo la antesis y el periodo en el que los frutos se encuentran maduros, siendo que ambas etapas son de suma importancia para las comunidades de regiones áridas, en cuanto a su funcionamiento. Esto toma más importancia si se considera que debido a la baja predictibilidad de las lluvias, la producción primaria en ecosistemas áridos y semiáridos se presenta con regularidad pero no con la misma intensidad, mostrando variación en sus ciclos anuales (León de la Luz *et al.* 1996).

Se sabe que la fenología vegetativa de individuos perennes se encuentra relacionada con la disponibilidad de agua como factor causal del proceso de síntesis (Liberman y Liberman, 1984; Maya y Arriaga, 1996). Dicha respuesta no concuerda con lo observado en el Toji, ya que la etapa vegetativa o de crecimiento de la mayoría de los individuos se observó en junio, mes que corresponde aún a la temporada de sequía. Lo anterior es esperable dada la condición hemiparásita del Toji, con lo que obtiene agua de su hospedero y no le resulta un factor limitante. No obstante, durante las sequías severas el toji puede afectar la condición del huésped, con lo que la interacción del Toji con el hospedero le resultaría perjudicial al último, y de mantenerse las condiciones de sequía resultaría perjudicial para el mismo Toji (Lei, 2001; Spurrier, 2004; Spurrier y Smith, 2007).

La floración se presentó en la temporada de sequía. El Toji es una planta que desarrolla sus flores mayormente en la temporada seca y cálida (marzo-julio), y en menor grado en la más fresca (octubre-diciembre). La aparición de órganos reproductores sexuales de especies de este tipo en el desierto es altamente predecible, por no responder directamente a la incidencia de las lluvias (León de la Luz *et al.*, 1996). Es posible que el patrón de los niveles de precipitación de la temporada anterior así como la temperatura y el fotoperiodo influyan en la intensidad de la floración del año siguiente (Beatley, 1974; Kelly, 1987). Siendo la lluvia un factor climático difícil de predecir, la regularidad de la floración como la del Toji es de importancia considerable como organismo productor para el buen funcionamiento de la comunidad. Dicho hecho toma mayor relevancia si se considera que el periodo de antesis dura 4 meses y el que se observó de fructificación coincide con la temporada de migración e invernación de algunas especies de aves que se pueden alimentar del mismo.

Cabe mencionar que, de ser cierta la hipótesis de una segunda fructificación a inicios de verano (que por desgracia no se pudo evaluar en esta tesis como se indicó anteriormente), coincidiría con la temporada de reproducción de las aves residentes, entre ellas el capulinerio negro (*Phainopepla nitens*), considerado el dispersor por excelencia del Toji (Walsberg, 1975). Spurrier (2004) observó que las parejas de Capulinerio negro establecen un territorio conformado por árboles infestados de Toji ya que usan los frutos de este como su principal fuente de alimento durante el periodo de reproducción. Sin embargo se ha observado que tanto el capulinerio como otras especies de aves y reptiles consumen el fruto del toji por lo que seguramente están fungiendo como dispersoras en el desierto y en el sistema fragmentado; por ejemplo, el gorrión (*Carpodacus mexicanus*), el ceniztonle (*Mimus polyglottos*), la calandria (*Icterus cucullatus*), la iguana de cola espinosa (*Ctenosaura hemilopha*) y el cachorón (*Dipsosaurus dorsalis*), entre otros (Rodríguez-Estrella *et al.*, datos no publicados; Blázquez y Rodríguez-Estrella, 2007).

8.2 PROPORCIÓN DE SEXOS.

En los sitios de estudio no se encontraron diferencias significativas en la proporción de sexos de Toji, lo que es contrario a lo que se había reportado para algunas especies del género *Phoradendron* (Nixon y Todzia, 1985; Dawson *et al.* 1990) y para otros muérdagos, como por ejemplo del género *Viscum* (Showler, 1974; Barlow y Wiens, 1976, Wiens y Barlow, 1979). Para los muérdagos del género *Viscum* se ha reportado un sesgo en la proporción de sexos, siendo las hembras más numerosas que los machos, en tanto que para las poblaciones estudiadas del género *Phoradendron* se ha observado un sesgo hacia las hembras en la especie *Phoradendron tomentosum* (Nixon y Todzia, 1985), en tanto otros autores encontraron un sesgo en la proporción de sexos hacia los machos en la especie *Phoradendron juniperinum* (Dawson *et al.*, 1990). Dicho sesgo lo presentan comúnmente plantas dióicas (Willson, 1983).

El sesgo en la proporción de sexos se puede deber a varios factores y puede ocurrir a través de varios mecanismos, que van desde la traslocación heterocigótica hasta diferencias en las tasas de mortalidad y crecimiento (Dawson *et al.*, 1990). En general, las explicaciones para las diferencias en la proporción de sexos, se clasifican en tres grupos: las que ocurren previo al establecimiento de la semilla, durante el establecimiento y las que son posterior al establecimiento. Dentro de los factores previos al establecimiento de la semilla podemos encontrar al crecimiento diferencial de los tubos polínicos, selección gamética, traslocación heterocigótica, entre otros, dichos factores causan diferencias en la producción de semillas hembras y machos, creando un sesgo de géneros en el pool inicial de semillas (Barlow y Wiens, 1976). Los factores que actúan al tiempo en el que se establece la semilla producen diferencias en la proporción de sexos en plantas jóvenes una vez que se hayan establecido, la especificidad hacia el árbol hospedero, diferencias en las respuestas a factores ambientales al momento de la germinación, disponibilidad de microhábitat y depredación diferencial por insectos en los primeros

estadios de germinación son algunos de los factores que pueden conducir a un sesgo en la proporción de sexos (Nixon y Todzia, 1985).

Por su parte, dentro de los factores posteriores al establecimiento de la semilla que pueden resultar en una proporción diferencial de sexos, se encuentra principalmente la mortandad diferencial entre los dos sexos, el cambio facultativo de un sexo a otro o el crecimiento clonal diferencial (Charnov, 1982). De los mencionados anteriormente el cambio facultativo de sexo es poco probable, al menos no se ha observado en ninguna especie del género *Phoradendron* (Nixon y Todzia, 1985).

Otros factores por los que se puede presentar un sesgo en la proporción de sexos, cuando en realidad la población presenta una relación 1:1, pueden ser la maduración reproductiva diferencial, propensión diferencial a la floración y tiempos diferentes de floración entre hembras y machos, éstos últimos ha sido reportados como causantes de sesgos en la proporción de sexos en algunas plantas dióicas (Onyekwely y Harper, 1979; Meagher, 1981). Los mismos autores mencionan que para el caso de los muérdagos del género *Phoradendron* no se ha observado una temporada de floración diferencial entre sexos, lo que concuerda con lo observado en el estudio presente. Con todo lo expuesto anteriormente se puede suponer que el Toji es una especie de muérdago cuya dinámica poblacional no incluye la diferencia en las proporciones de sexos, con lo que se puede inferir que no presenta tasas de crecimiento ni de mortandad diferencial antes, durante y posterior al establecimiento de la semilla entre hembras y machos. Cabe resaltar que de la poca información que se tiene sobre las proporciones de género en los muérdagos, este es el primer estudio en reportar una igualdad en la proporción de sexos. Hough *et al.* (2013) confirmaron con su estudio que cuando la selección haploide actúa solamente sobre la aptitud relativa de X y Y que son traídos en la carga polínica y la proporción de sexos es controlada por el genotipo de la madre, la proporción de sexos de las semillas evolucionarán hacia la proporción de sexos 1:1, tal como fue el caso del Toji, por lo que se puede suponer que el Toji se encuentra sujeto a la selección haploide.

8.3 FRAGMENTACIÓN.

La fragmentación es, en la actualidad, uno de los temas centrales de la biología de la Conservación, ya que se ha documentado que puede tener repercusiones negativas en los sistemas, disminuyendo la riqueza y la abundancia de las especies nativas, y también de manera importante por la interrupción de las interacciones naturales (Haila, 2002; Fortuna y Bascompte, 2006). Contrario a dichas observaciones, en el presente estudio no se encontraron evidencias de que la fragmentación influya negativamente en la dinámica del Toji. Por ejemplo los estadíos de la fenología de la planta coincidieron en todos los sitios muestreados, reforzando la idea de que los eventos fenológicos de las plantas se encuentran estrechamente ligados con las condiciones ambientales principalmente de agua, luz y temperatura, y que la fragmentación no los ha afectado. Las únicas diferencias encontradas entre el área fragmentada y continua fue en la proporción de inmaduros, siendo menores en el área fragmentada, lo que pudiera deberse a que en el área continua fue observado con mayor frecuencia el capulinero negro a diferencia de los fragmentos donde fue una especie poco frecuente (D.M. observación personal). Se sabe que el capulinero negro presenta especializaciones anatómicas para fungir como dispersor del Toji, parte de su relación implica que el capulinero negro tiene que defender un territorio durante la temporada reproductiva, el tamaño del territorio se encuentra relacionado con la disponibilidad y con la energía requerida para defenderlo, por lo que, hospederos con un mayor número de Tojis fructificando son los árboles que tienen una mayor probabilidad de visita y por ende de lluvia de semillas y con ello la cantidad de plantas parásitas inmaduras (Spurrier, 2004). En tanto que en los fragmentos los dispersores pudieran, mayormente, ser especies generalistas (Rodríguez-Estrella *et al.*, datos no publicados). La diferencia radica en que no se ha observado una defensa del territorio tan activa en especies generalistas como en el capulinero negro. Se ha observado que las plantas que dependen de aves frugívoras para dispersar sus

semillas tienden a producir una gran cantidad de frutos aumentando así las probabilidades de dispersión de las semillas (Davidar y Morton, 1986).

El que no haya habido diferencias significativas entre las proporciones de sexos de los Tojis entre el área fragmentada y no fragmentada puede indicar que no ha habido un efecto por la fragmentación de hábitat en dichas proporciones; y se refuerza la observación de la igualdad en la proporción de sexos. Asimismo, se podría suponer indirectamente que tampoco existe una influencia de dicho proceso en el crecimiento o mortandad de las plantas de ambos sexos, ya que se ha observado que las diferencias en las proporciones de sexos en plantas dioicas, pueden deberse a varios mecanismos, incluyendo crecimiento o mortalidad diferencial de cada género por edad tamaño o hábitat (Charnov, 1982; Bierzychudek y Eckhart, 1988; Charnov y Dawson, 1989).

Por otra parte el sistema fragmentado que comprende el área de estudio parece que no tiene una relación con el grado de infestación de Toji en sus hospederos, lo cual sugiere que pese a ser un sistema altamente fragmentado aún se conservan las interacciones necesarias para mantener características de su dinámica poblacional. Aunque la pérdida de cobertura vegetal nativa, a una escala local, tiende a reducir la riqueza específica, existen una serie de mecanismos que denotan la importancia de la relación superficie-especies; por ejemplo, los parches o superficies grandes presentan una mayor tasa de colonizaciones que de extinciones (Mc Arthur y Wilson, 1967), se tiene una mayor probabilidad de la ocurrencia de un área no perturbada que puede ser requerida por alguna especie en particular (Harris, 1984), y también mayor probabilidad de incluir a especies que presentan una distribución en parches, así como una mayor variedad de condiciones ambientales que pudieran constituir hábitat para diferentes grupos de organismos (Fox, 1983). A pesar de las evidencias ya expuestas sobre las ventajas que presentan los parches grandes de vegetación nativa sobre los parches pequeños, cabe mencionar que los parches pequeños de vegetación nativa pueden ser buenos complementos para áreas más grandes (Fischer y Lindenmayer, 2002). Diferentes tipos de vegetación nativa pueden sostener a diferentes grupos de

especies (Sabo *et al.* 2005). Debido a que la mayoría de los dispersores del Toji son aves, éstas pueden desplazarse entre fragmentos y el área continua, lo que también podría explicar el hecho de que no existan diferencias entre el número de Tojis entre sitios. Otra posible explicación pudiera ser que las condiciones de densidad de los huéspedes pudiera ser similar entre los sitios, lo que permitiría diluir los efectos y mantenerlos estables.

La conectividad, al igual que la superficie de los parches, resulta ser otro de los atributos o características de los sistemas fragmentados que tiene injerencia en la conservación de la diversidad biológica. Sin embargo, la “conectividad” a secas resulta en un término muy ambiguo (Fischer y Lindenmayer, 2007). Algunos autores distinguen entre conectividad estructural y funcional, siendo la primera la relacionada con los patrones paisajísticos y que resulta de la complejidad estructural de los corredores, la distancia entre parches (como la medida de conectividad usada en el presente estudio) y la estructura de la matriz en la que se encuentran inmersos los parches. Y la conectividad funcional, se concibe como la extensión en la cual los individuos de la especie de interés puedan moverse a través del paisaje (Uezu *et al.* 2005). Puede ser por esta razón que tampoco se encontró relación alguna entre la infestación de Toji sobre sus hospederos y las distancias al parche, centro urbano y área continua más cercanos. Lo que indica que es probable que pese a que los parches se encuentran separados por algunos kilómetros, las distancias encontradas no son tan grandes como para interrumpir el paso y rotación de organismos relacionados con el Toji, como pudieran ser sus polinizadores o dispersores, es decir, puede que la conectividad estructural se vea interrumpida pero los organismos conservan su dinámica natural a través de la conectividad de los organismos de los que dependen en su dispersión.

Fischer y Lindenmayer (2007), diferencian entre tres tipos de conectividad: Conectividad de hábitat, conectividad paisajística y conectividad ecológica. La conectividad de hábitat se refiere al grado de conexión entre parches que presentan condiciones de hábitat adecuadas para una especie en particular. En el caso del

Toji la característica de hábitat adecuado es primeramente la presencia de un hospedero.

La conectividad paisajística la definen como una perspectiva humana del grado de conexión de la cobertura vegetal nativa en cierto tipo de ambiente; puede ser expresado empleando indicadores de distancias u otras métricas basadas en distancias que son calculadas a partir de algún mapa donde la persona define el área de cobertura (Fischer y Lindenmayer, 2007). Este tipo de conectividad fue la que se consideró en el estudio presente por ser la medición más sencilla de conectividad ya que no requiere de información detallada sobre los requerimientos e hábitat del Toji ni sobre los procesos ecológicos. Y ya se presentaron los resultados en la intensidad de ocurrencia del toji.

La conectividad ecológica, por su parte, es el grado de conexión de los procesos ecológicos a través de múltiples escalas, incluyendo relaciones tróficas, procesos de perturbación y flujos hidroecológicos. La medición de la conectividad ecológica es compleja y depende del aspecto de conectividad ecológica que se esté abordando (Fischer y Lindenmayer, 2007). Para el caso particular de éste estudio, para determinar la conectividad ecológica de la infestación de Toji sobre sus hospederos además del número de plantas por hospedero y la fenología se tendría que recabar información de los procesos de polinización y dispersión así como del reclutamiento y la tasa de crecimiento del Toji, densidad de los hospederos potenciales y distancia al árbol parasitado más cercano, entre otros, para poder determinar si se mantiene o no la conectividad ecológica de la infestación de Toji en el área fragmentada.

Otras características de la fragmentación, que no se deben perder de vista, son la matriz en la que se encuentra embebida el área fragmentada y la heterogeneidad paisajística de la misma, ya que se ha observado que la matriz muchas veces provee de hábitat a algunas especies nativas así como de un contexto ecológico importante a los parches en el sentido de que los puede beneficiar o perjudicar (As, 1999; Ries *et al.* 2004). La heterogeneidad paisajística

también juega un papel importante ya que diversifica los recursos disponibles y puede satisfacer, al menos en parte, algunos de los requerimientos de las especies (Morales 2009). Para el caso de estudio aquí expuesto, la matriz agrícola dentro de la que se encuentra el área de muestreo pudo fungir como sitio alternativo para que algunas especies de dispersores o polinizadores pudieran alimentarse o descansar, lo que facilita el tránsito entre parches con vegetación nativa para los dispersores y polinizadores del Toji. En cuanto a la heterogeneidad del paisaje, en el Valle de Santo Domingo al no ser un valle agrícola monoespecífico, parece proporcionar la heterogeneidad paisajística anteriormente mencionada.

Aunque no era parte de los objetivos del presente estudio se cuenta con el número de Tojis muertos que se contabilizaron en cada una de las revisiones y cabe notar que el mayor número de individuos muertos se presentó en el periodo Nov-Dic. Esta fue la revisión posterior inmediata al evento meteorológico Odile, por lo que se puede suponer que éste tipo de fenómenos pueden resultar importantes en la dinámica de la población, especialmente en la mortandad. Esta relación se observa en las selvas donde las tormentas o vientos fuertes son clave en la dinámica de la comunidad, ya que las tormentas pueden llegar a derribar árboles, dejando pasar más luz, factor limitante en éste tipo de ecosistemas. Al igual que en las selvas los huracanes podrían fungir como reguladores eventuales de las poblaciones vegetales (Bierregaard *et al.* 1992).

9. CONCLUSIONES

1. En este trabajo se logró observar la fenología detallada del Toji, por lo que se pueden ubicar eventos importantes como la antesis y la fructificación.
2. La proporción de sexos que se observó en la población de Toji estudiada es de 1:1, lo cual es raro para los muérdagos, ya que los estudios con los que se cuenta reportan una proporción sesgada hacia las hembras.
3. La fragmentación parece tener influencia sólo en los Tojis inmaduros, observándose una mayor cantidad en el área no fragmentada que en la fragmentada, lo que se puede deber a la presencia del capulnero negro en el área continua, por lo que se podría suponer que la fragmentación de hábitat afecta el comportamiento y uso de hábitat del capulnero negro. Fuera de esto parece que la fragmentación no influye de forma positiva o negativa en la infestación de Toji en sus hospederos, lo cual puede deberse, principalmente a que la mayoría de dispersores son aves que pueden moverse entre fragmentos

10. LITERATURA CITADA

- Aguilar, R., L. Aschworth, L. Galetto y M.A. Aizen. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis.
- Aguilar, R., M. Quesada, L. Ashworth, Y. Herrerias-Diego y J. Lobo. 2008. Genetic consequences of habitat fragmentation in plant populations: susceptible signals in plant traits and methodological approaches. *Mol. Ecol.* 17: 5177-5188.
- Aizen, M.A. 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Rev. Chilena Hist. Nat.* 75: 79-97.
- Aizen, M.A. y P. Feinsinger. 1994. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351.
- Andrén H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: A review. *Oikos* 71: 355-366.
- As, S. Invasion of matrix species in small habitat patches. 1999. *Cons. Ecol.* Disponible en <http://www.consecol.org/vol3/iss1/art1>.
- Aukema y Martínez del Rio. 2002. Where does a fruit-eating bird deposit mistletoe seeds? Seed deposition patterns and an experiment. *Ecology*. 83: 3489-3496.

- Barlow, B.A. y D. Wiens. 1975. Permanent translocation heterozygosity in *Viscum hildebrandtii* Engel. And *V. engleri* Tiegh. (Viscaceae). *Chromosoma* 53:265-272.
- Barlow, B.A. y D. Wiens. 1976. T translocation heterozygosity and sex ratio in *Viscum fischeri*. *Heredity* 37: 27-40.
- Bascompte, J., J. Jordano, P. Melián y J.M. Olsen. 2003. The nested assembly of plant- animal mutualistic networks. *PNAS*. 100 (16): 9383-9387.
- Bascompte, J. 2007. Plant- animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Rev.R. Acad. Cien. Serie A. Mat.* 101:221-223.
- Beatley, J.C. 1974. Phenological events and their environmental triggers in Mojave Desert ecosystem. *Ecology* 55: 856- 863.
- Begon, M., C.R. Townsend y J.L. Harper. *Ecology*. 2006. Blackwell Publishing. 738 p.
- Bierzychudek, P. y V. Eckhart. 1988. Spatial segregation of the sexes of dioecious plants. *Amer. Naturalist*. 132: 34-43.
- Cardona A., J.J. Carrillo- Rivera, R. Huizar- Álvarez y E. Graniel- Castro. 2003. Salinization in costal aquifers of arid zones: an example from Santo Domingo, Baja California Sur, México. *Environmental Geology* 45: 350-366.
- Caravias- Lillo J. y S. Guevara- Sada. 1985. Fenología de una selva tropical húmeda. En: Gómez- Pompa, A. y S. del Amo (eds.). *Investigaciones sobre regeneraciones de selvas altas en Veracruz, México*. Ed. Alhambra Mexicana, México. Vol 2. 27-78 p.
- Charnov, E.L. 1982. *The theory of sex allocation*. Monographs in population biology, No. 18. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Charnov, E.L. y E. Dawson. 1989. Environmental sex determination with overlapping generations. *Amer. Naturalist* 134: 806-816.

- Chatellenaz M.L. 2008. Ecología alimentaria de dos especies simpátricas del género *Basileuterus* en el noroeste de Argentina. *Hornero* 23: 87-93.
- Davidar P. y E.S. Morton. 1986. The relationship between fruit crop sizes and fruit removal rates by birds. *Ecology* 67: 262-265.
- Dawson, T.E., J.R. Ehleringer y J.D. Marshall. 1990. Sex- ratio and reproductive variation in the mistletoe *Phoradendron juniperum* (Viscaceae). *Amer. J. Bot.* 77: 584- 589.
- Ehleringer, J.R., E.-D. Schulze, H. Ziegler, O.L. Lange, G.D. Farquhar y I.R. Cowan. 1985. Xyleme-tapping mistletoes: water or nutrient parasites? *Science* 227: 1479- 1481.
- Fiischer, J. Y D.B. Linder Mayer. 2006. Small patches can be valuable for biodiversity conservation: two case studies on birds in southeastern Australia. *Biol. Cons.* 106: 129-136.
- Fortuna, M.A. y J. Bascompte. 2006. Habitat loss and structure of plant- animal mutualistic networks. *Ecol. Lett.* 9: 281- 286.
- Fox, B.J. 1983. Mammal species diversity in Australia heathlands: the importance of pyric succession and habitat diversity. En: *Mediterranean- type ecosystem: the role of nutrients*. Kruger, F.J., D.T. Michell y J.U.M. Jarvis (eds). Springer-Verlag. Berlin. 473- 489 p.
- Gedalovich- Shedletzky E., D.P. Delmer y J. Kujit. 1989. Chemical composition of viscin mucilage from three mistletoe species- a comparison. *Anns. of Bot.* 64: 249-252.
- Harris, L.D. 1984. *The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. University of Chicago Press. Chicago.
- Harrison S. y E. Bruna. 1999. Habitat fragmentation and large- scale conservation: what do we know for sure. *Ecography* 22: 225- 232.

- Haila, Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecol. Appl.* 12: 321- 334.
- Hought, J. S. Immler, S.C.H. Barrett y S.P. Otto. 2013. Evolutionary stable sex ratios and mutation load. *Evolution* 67: 1915-1925.
- Hull y Leonard. 1964. Physiological aspects of parasitism in mistletoes (*Arceuthobium* and *Phoradendron*). II. The photosynthetic capacity of mistletoe. *Plant Phys.* 39: 1008-1017.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 22: 415–427.
- Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). 2010. Programa elaboración de casos de éxito de innovación en el sector agroalimentario. Tecnificación de la citricultura. Asociación agrícola local de productores de cítricos del Valle de Santo Domingo, A.C.
- Ings T.C., J.M. Montoya, J. Bascompte, N. Blüthgen, C.F. Dormann, F. Edwards, D. Figueroa, U. Jacob, L. Brown, R.B. Lauridsen, M.E. Ledger, H.M. Lewis, J.I. Jones, J. M. Olesen, F.J. Frank van Veen, P.H. Warren y G. Woodward. 2008. Review. Ecological networks- beyond the food webs. *J. Anim. Ecol* 78: 253-269.
- Keely, J.E. 1987. Fruit production patterns in the caparral shrub *Ceanothus crassifolius*. *Madroño* 34: 273- 282.
- Larson D. 1991. Ecology of desert mistletoe seed dispersal. Ph D. Theses. Universidad de Illinois, Chicago. Estados Unidos. 103 pp.
- Larson D.L. 1996. Seed dispersal by specialist versus generalist foragers: the plant's perspective. *Oikos* 76: 113-120.

- Lei S.A. 2000. Age and size of *Acacia* and *Cercidium* influencing the infection success of parasitic and autoparasitic *Phoradendron*. *Bull. South. Calif. Acad. Scin* 99: 45-54.
- León de la Luz J.L., R. Coria y M. Cruz. 1996. Fenología floral de una comunidad árido- tropical de Baja California Sur, México. *Act. Bot. Mex.* 35: 45- 64.
- Liberman, D. y M. Liberman. 1984. The causes and consequences of synchronous flushing in a dry tropical forest. *Biotropica* 16: 161- 172.
- López-De Buen y Ornelas. 1999. Frugivorous birds, host selection and the mistletoe *Psittacanthus schedeanus* in Central Veracruz, México. *J.Trop. Ecol.* 15: 329-340.
- Martínez del Río C., A. Silva, R.Medel y M. Hourdequin. 1996. Seed dispersers as disease vectors: birds transmissions of mistletoe seeds to plant host. *Ecology* 77:912-921.
- Maya Y. y L. Arriaga. 1996. Litterfall and phonological patterns of the dominant overstorey species of a desert scrub community in north- western Mexico. *J. Arid Env.* 34: 23- 35.
- Meagher, T.R. 1981. Population biology of *Chamaelirium luteum* a dioecious Lily. II. Mechanisms governing sex ratios. *Evolution* 35: 557- 567.
- MacArthur, R.H. y E.O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press. Princeton NJ.
- McCann, K.S. 2000. The diversity-stability debate. *Nature* 405: 228–233.
- Morales D. 2009. Distribución especial y temporal de anátidos en humedales costeros artificiales de Guerrero Negro. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 92 p.

- Munguia –Vega A., R. Rodríguez-Estrella, W.W. Shaw y M. Culver. 2013. *Biological Conservation* 157: 11-20.
- Nixon, K. y Todzia. 1985. Within- population, within-host species, and within- host tree sex ratios in the mistletoe (*Phoradendron tomentosum*) in central Texas. *Amer. Midl. Naturalist* 114: 304-310.
- Nickrent, Daniel L. 2002. Cap. 2, pp. 7-27 En J. A. López-Sáez, P. Catalán and L. Sáez [eds.]. *Plantas Parásitas de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Mundi-Prensa Libros, S. A., Madrid.
- Onyekwelu S.S. y L. Harper. 1979. Sex ratio and niche differentiation in spinach (*Spinacia olivácea* L.). *Nature* 282: 609- 611.
- Overtone, J. McC. 1993. *Dispersal in mistletoe and models*. Ph D. Theses. University of California, Los Ángeles.
- Overtone, J. McC. 1997. Host specialization and partial reproductive isolation in desert mistletoe (*Phoradendron californicum*). *Southwest. Nat.* 42: 201-209.
- Ries, L. R.J. Fletcher, J. Battin y T.D. Sisk. 2004. Ecological response to habitat edges: mechanisms, models and variability explained. *Ann. Revw.of Ecol. Evol and Syst.* 35: 491-522.
- Rodríguez- Estrella R., J.A. Donázar y F. Hiraldo. 1998. Raptors as indicators of environmental change in the scrub habitat of Baja California Sur, México. *Cons. Biol.* 12: 921- 925.
- Rodríguez-Estrella, R. 2007. Land use changes affect distributional patterns of desert birds in the Baja California peninsula, Mexico. *Diversity and Distributions*, 13:877-889.
- Rzedowski. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. 432 p.

- Sabo, J.L., R. Sponseller, M. Dixon, K. Gade, C. Soykan, J. Watts y A. Welther. 2005. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, no more, species. *Ecology* 86: 56-62.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2014. Reseña del huracán Norbert. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Temporada 2014 de ciclones tropicales. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2014/pacifico/Norbert-p2014.pdf> (accesado en julio de 2015).
- Servicio Meteorológico Nacional. 2014. Reseña del huracán Odile. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Temporada 2014 de ciclones tropicales. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2014/pacifico/Odile-p2014.pdf> (accesado en julio de 2015).
- Showler, K. 1974. Raising mistletoe (*Viscum album*) from seed. *J. Royal Soc. Hort.* 99: 30- 37.
- Spurrier S.E. 2004. Community interactions of *Phainopelma* (*Phainopepla nitens*), Blue Paloverde (*Cecidium floridium*), and Mistletoe (*Phoradendron californicum*) in the Mojave desert during a severe drought. Ph D. Theses. University of Arkansas. 105 p.
- Spurrier y Smith. 2007. Desert mistletoe (*Phoradendron californicum*) infestation correlates with bluepalo verde (*Cercidium foridium*) mortality during a severe drought in the Mojave desert. *J.Arid Env.* 69 (2): 189-197.
- Uezu, A., J.P., Metzger y J.M.E. 2005. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic forest bird species. *Biol. conserv.* 123: 507- 519.
- Valencia, D., D. Leal y E. Barriga. 1980. The influence of agricultura on avian communities near Villavicencio, Colombia. *Willson Bulletin* 92: 381- 389.

Walsberg G.E. 1975. Digestive adaptations of *Phainopepla nitens* associated with the eatig of mistletoe berries. *Condor* 77:169-174.

Wethered, R. y M.J. Lawes. 2005. Nestedness of birds assemnleges in fragmented Afromountane forest: the effect platation forestry in the matrix. *Biol. Cons.* 123: 125- 137.

Wiens D. y A. Barlow. 1979. Translocation heterozygosity and the origin of dioecy in *Viscum*. *Heredity* 42: 201-222.

Willson, M.F. 1983. *Plant reproductive ecology*. John Wiley, E.U.A. 204 p.

Zar J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 1999. Prentice Hall. 4a ed. 760 p.

11. ANEXOS.

ANEXO 1. Descripción de los estadíos de Toji.

Floración



Figura 5. Flor incipiente. Se observan algunas ramas del Toji de color blanquesino, así como también se pueden apreciar pequeñas secciones; dentro de cada sección se pueden apreciar unos pequeños círculos de un color verde un poco más intenso. Dichos círculos son las futuras inflorescencias.



Figura 6. Flores etapa 1. En esta etapa las ramas que presentan las inflorescencias se tornan de una coloración naranja-rojiza. Los pequeños círculos verdes de la etapa anterior ahora se tornan de color amarillento y se puede notar que son un poco abultados, es decir, forman una superficie con relieve.



Figura 7. Flores etapa 2. Cuando las plantas se encuentran en este estadio las inflorescencias son más evidentes. Por comparación con la etapa anterior, lucen más abultadas, dan la impresión de que fueran pequeños corpúsculos. Esta etapa se puede llegar a confundir con la de fruto incipiente, pero ésta última etapa se caracteriza por presentar las partes abultadas de color verde y no amarillo además de que los corpúsculos se encuentran más separados. Si se observan detenidamente se puede diferenciar el pericarpio.

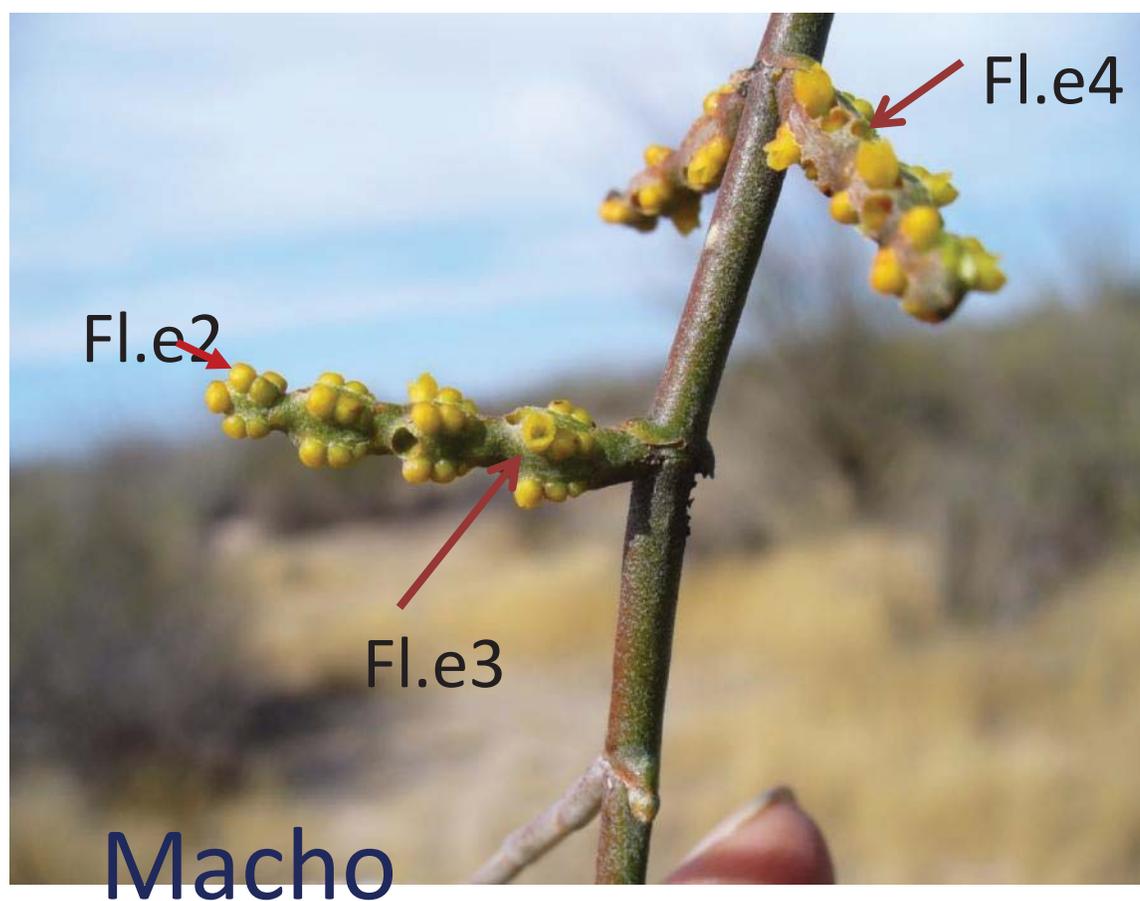


Figura 8. Flores etapas 2, 3 y 4 de un macho. La etapa 3 tanto en machos como en hembras corresponde a la antesis. Es en esta etapa en que se lleva a cabo la identificación del sexo de las plantas. En las flores de los machos se observan anteras muy pequeñas y delgadas en la circunferencia interna de la flor (Armstrong, 2011). La etapa 4 en machos se caracteriza por la presencia de huecos donde estuvo previamente la flor.

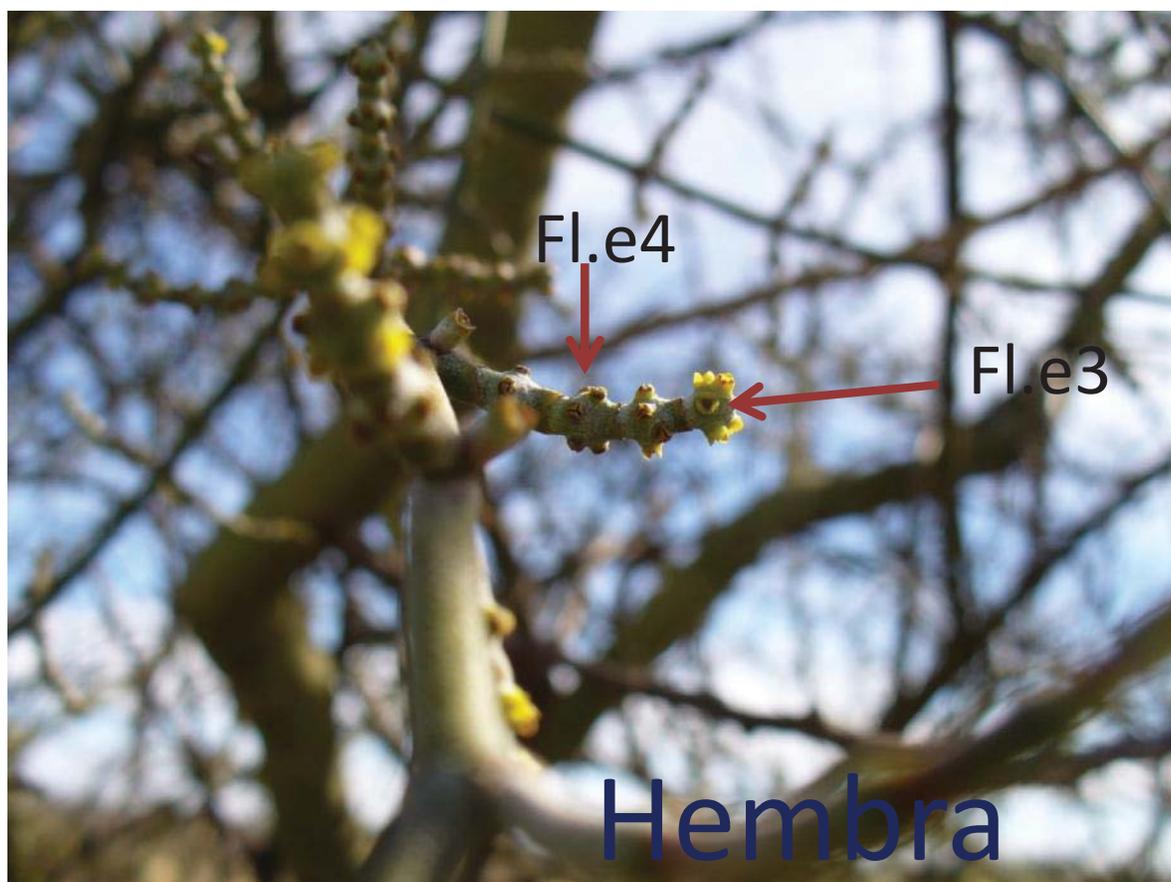


Figura 9. Flores etapas 3 y 4 de una hembra. La flor de la hembra presenta el estigma visible (esfera roja en el centro de la flor; Armstrong, 2011). La etapa 4 para las hembras es aquella en donde se observa de nuevo la flor cerrada con el pericarpio visible, pero en esta etapa el pericarpio es de color café y no amarillo como en la etapa 2.

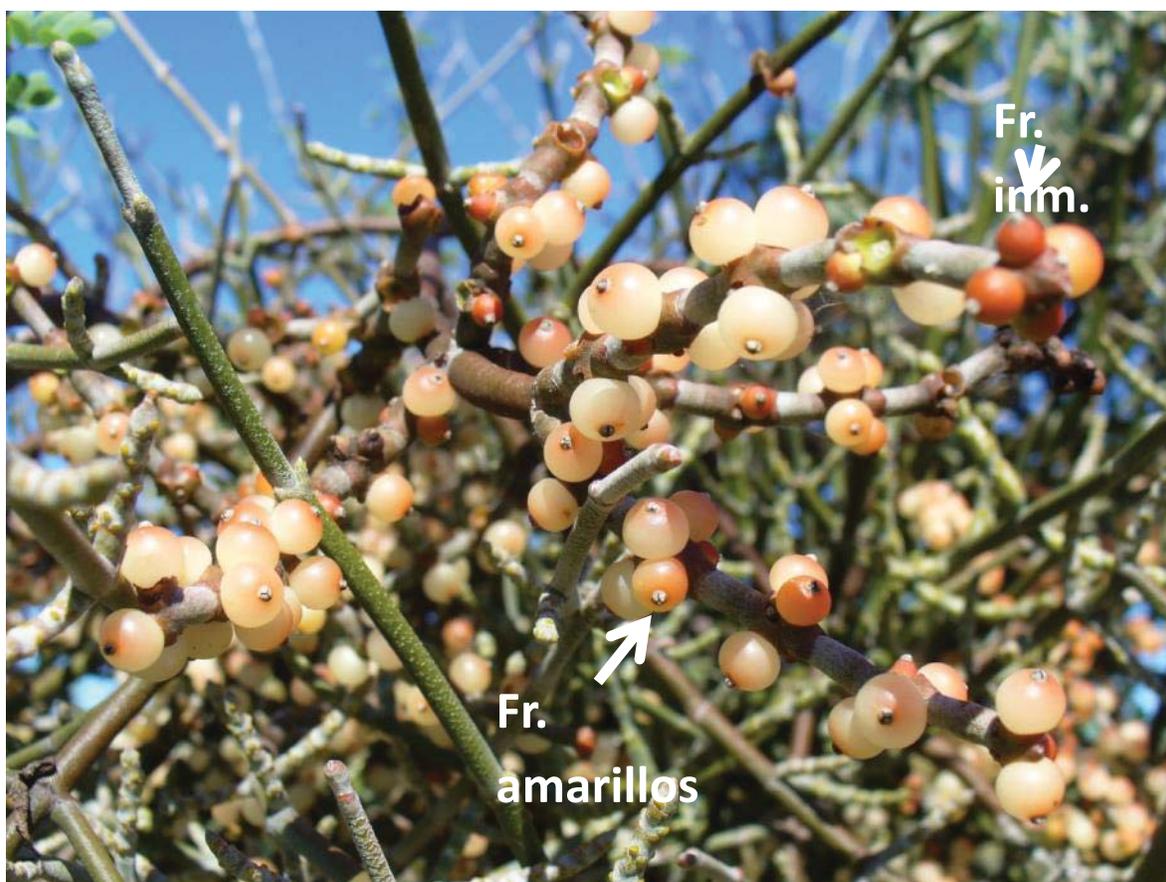


Figura 10. Frutos inmaduros (inm) y frutos amarillos (se ha observado a algunas aves consumiendo frutos en este estadio, como *Zonotrichia leucophris*, *Mimus polyglotos*, *Calipepla californica*). Los frutos inmaduros son pequeños cuerpos redondeados de color verde en sus primeros días y se torna naranja rojizo; posteriormente el fruto va aumentando su volumen debido a la acumulación de agua y comienza a tomar una coloración amarillenta transparente.



Figura 11. Frutos maduros. En esta etapa los frutos son sumamente conspicuos, adquieren una tonalidad rojo intenso y por comparación con los frutos amarillos son un poco más grandes.



Figura 12. Inmaduro. Esta es la etapa vegetativa o de crecimiento del Toji. Como se puede observar no hay estructuras evidentes. Toda la planta es verde.