



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Biología

EFFECTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA SOBRE  
LA REPRODUCCIÓN DEL LORO CORONA LILA  
(*Amazona finschi*)

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

SYLVIA MARGARITA DE LA PARRA-MARTÍNEZ

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. KATHERINE RENTON

COMITÉ TUTORAL: DRA. LAURA ROXANA TORRES AVILÉS  
DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER

MÉXICO, D.F.

JUNIO 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

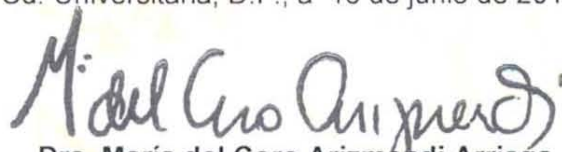
**Dr. Isidro Ávila Martínez**  
**Director General de Administración Escolar, UNAM**  
**Presente**

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 28 de marzo de 2011, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** de la alumna **DE LA PARRA MARTINEZ SYLVIA MARGARITA** con número de cuenta **509013958** con la tesis titulada **“Efecto de la variabilidad climática sobre la reproducción del loro corona lila (*Amazona finschi*)”**, realizada bajo la dirección de la **DRA. KATHERINE RENTON:**

Presidente: DRA. BERTHA PATRICIA ESCALANTE PLIEGO  
Vocal: DRA. LAURA ROXANA TORRES AVILES  
Secretario: DRA. BLANCA ESTELA HERNANDEZ BAÑOS  
Suplente: DR. JORGE ERNESTO SCHONDUBE FRIEDEWOLD  
Suplente: DR. ENRIQUE MARTINEZ MEYER

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**Atentamente**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
Cd. Universitaria, D.F., a 16 de junio de 2011.



**Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga**  
**Coordinadora del Programa**

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

## Agradecimientos

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas por los diversos apoyos recibidos durante mis estudios de posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México; al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido a través de la beca CONACYT 262075, para realización de mis estudios de Maestría.

Agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo al proyecto Análisis de la Vulnerabilidad del Socio-Ecosistema del Bosque Tropical Seco al Cambio Global en la Región de Chamela, Jalisco. Número de CONACYT: 83441.

A la Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, UNAM y a la Fundación Ecológica de Cuixmala A.C. por el apoyo logístico brindado durante la realización del proyecto.

Miembros del comité tutorial:

Dra. Katherine Renton (tutor principal)

Dra. Laura Roxana Torres Avilés

Dr. Enrique Martínez Meyer

## Agradecimientos personales

Agradezco de manera especial a la Dra. Katherine Renton, por su incomparable enseñanza y guía académica, por ser una excelente tutora de escritorio y campo, y por confiar en mí, gracias Kathy te quiero mucho.

A los miembros del comité tutorial Dra. Laura Roxana Torres Avilés y Dr. Enrique Martínez Meyer quienes aportaron valiosos comentarios y sugerencias a lo largo del desarrollo del trabajo; así como a la Dra. Patricia Escalante Pliego, Dra. Blanca Hernández Baños y al Dr. Jorge Schondube, por sus comentarios al manuscrito.

A Armando Hiram Escobedo Galván muchas gracias por tu apoyo.

Al M. en C. Leopoldo Daniel Vázquez Reyes, muchas gracias por tu apoyo y amistad incondicional, te quiero muchísimo Polo.

A todos los que hicieron mi estancia más agradable en Chamela: M. en C. Enrique Ramírez García, a la M. en C. Beatriz Hernández, Sra. Margarita, Sra. Lucy, Sra. Eva y a todos los trabajadores de la Estación de Biología de Chamela quienes siempre tuvieron un trato amable.

De la Fundación Ecológica de Cuixmala al Dr. Álvaro Miranda, Biol. Martín Sánchez Vilchis, Ángel, Narciso (Soruyo).

Por último quiero agradecer a mi familia, en especial a mi mamá Silvia Margarita Martínez García por su enorme apoyo.

## Índice

Resumen	6
Abstract	8
1. Introducción	10
1. 1 Influencia de la variabilidad climática sobre la reproducción en aves	10
1. 2 Efecto de la temperatura sobre la reproducción en aves	12
1. 3 Efecto de la precipitación sobre la reproducción en aves	13
1. 4 Efecto de la variabilidad climática sobre la reproducción en aves tropicales	14
1. 5 Reproducción del loro corona lila ( <i>Amazona fischeri</i> )	15
2. Hipótesis	16
3. Objetivos	18
4. Métodos	19
4. 1 Área de estudio	19
4. 2 <i>Astronium graveolens</i>	20
4. 3 Disponibilidad de recursos y fenología de <i>A. graveolens</i>	20
4. 5 Crecimiento de pollos y muestras de buche	22
5. Análisis estadísticos	23
5. 1 Disponibilidad de recursos y fenología de <i>A. graveolens</i>	23
5. 2 Crianza de los pollos	23
5. 3 Análisis climático del área de estudio	24
6. Resultados	25
6. 1 Disponibilidad de recursos y fenología de <i>A. graveolens</i>	25
6. 2 Éxito reproductivo	31
6. 3 Crecimiento de los pollos	31

6. 4 Periodo de crianza de los pollos y sincronía con <i>A.graveolens</i>	34
6. 5 Dieta de las crías y contribución de las semillas de <i>A. graveolens</i>	38
6. 6. Análisis climático de las temporadas reproductivas de los loros	43
<b>7. Discusión</b>	<b>46</b>
7. 1 Precipitación, disponibilidad de recursos y fenología de <i>A.graveolens</i>	46
7. 2 Periodo de crianza y sincronía con <i>A.graveolens</i>	47
7. 3 Perspectivas a futuro de la variabilidad climática	48
<b>8. Conclusiones</b>	<b>50</b>
<b>9. Literatura citada</b>	<b>51</b>

## Efecto de la variabilidad climática sobre la reproducción del loro corona lila (*Amazona fisonchi*)

De la Parra-Martínez, S.M. 2011. Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias Biológicas, Orientación en Biología Ambiental. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

### Resumen

La evidencia de que la variabilidad climática y fenómenos climáticos como El Niño-La Niña impactan los sistemas ecológicos y las dinámicas poblacionales de las aves ha sido muy documentada. Las fluctuaciones de la precipitación producidas por El Niño-La Niña influyen sobre la fenología de los árboles en el bosque seco de Chamela-Cuixmala, afectando la disponibilidad de recursos alimenticios para el loro corona lila durante su anidación. El presente estudio evaluó el efecto de la variabilidad climática sobre la reproducción del loro corona lila en el bosque seco. Durante dos temporadas reproductivas del loro corona lila se revisaron los nidos de los loros para determinar la tasa de crecimiento de los pollos, además de evaluar su dieta tomando muestras del contenido del buche de las crías. Asimismo, se determinó la disponibilidad de recursos alimenticios mediante ocho transectos de fenología, y se realizaron recorridos por los arroyos para registrar la pérdida de follaje, floración y fructificación de *Astronium graveolens*, el cual parece ser un recurso importante durante el periodo de crianza de las crías del loro corona lila. Los resultados mostraron diferencias en la disponibilidad de recursos entre las temporadas reproductivas. Para la temporada 2009 hubo una baja disponibilidad de recursos alimenticios para el loro corona lila, pero la fructificación de *A. graveolens* estuvo sincronizada con la crianza de los pollos siendo el alimento principal en frecuencia y biomasa en la dieta de la crías. Para la temporada 2010, una lluvia atípica en el mes de febrero afectó el periodo de fructificación de *A. graveolens* y ocasionó asincronía del pico de fructificación de *A. graveolens* y la crianza de los pollos. Sin embargo, la dieta de las crías en 2010 fue más variada como consecuencia de una mayor disponibilidad de recursos.



Las variaciones en precipitación relacionadas al fenómeno de El Niño en el bosque seco impactó en general los patrones de fructificación de las plantas, por lo cual el loro corona lila tuvo que estar flexible y utilizar los recursos que se encontraban disponibles. Por otro lado, para el bosque seco no está muy claro como la variabilidad climática afectará a la temperatura y la precipitación. La situación parece ser más preocupante debido a la predicción de modelos climáticos que estiman una mayor frecuencia de los fenómenos de El Niño-La Niña, ocasionando que en el futuro la disponibilidad de recursos alimenticios para la reproducción del loro corona lila así como la crianza de los pollos sea más fluctuante e impredecible entre años.

## Effect of climatic variability on reproduction of the Lilac-crowned Parrot (*Amazona firschi*)

De la Parra-Martínez, S.M. 2011. Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias Biológicas, Orientación en Biología Ambiental. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

### Abstract

The evidence of climatic variability (climate phenomena such as El Niño South-Oscillation) impacts on population dynamics in birds has been well documented. Rainfall fluctuations caused by El Niño-La Niña influences the phenology of trees in the dry forest of Chamela-Cuixmala, affecting the availability of food resources for Lilac-crowned parrot during nesting season. This study evaluated the effect of climatic variability on reproduction of Lilac-crowned parrot in a dry forest. During two breeding seasons, nests were reviewed to determine the growth rate of the chicks as well as evaluate their diet by sampling the contents of the crop. Also established eight phenology transects to determine monthly food resource availability, and recorded the fruiting phenology of *Astronium graveolens*, which appears to be an important resource during the rearing chicks of Lilac-crowned parrot. The results showed differences in food resources availability between two breeding seasons. In 2009 there was low food resources availability to Lilac-crowned parrot, but the peak fruit of *A. graveolens* was synchronized with the raising of chicks being the main food in frequency and biomass in the diet. In 2010, an unusual rain in February affected the fruiting of *A. graveolens* and caused asynchronous fruiting peak *A. graveolens* and raising chicks. However, the diet in 2010 was more varied as result of increased availability of resources. Precipitation variations related to El Niño, affected the fruiting plants patterns in dry forest, whereby the Lilac-crowned parrot had to be flexible and use resources that were available. On the other hand, for the dry forest is not clear how climatic variability will affect temperature and precipitation. The impact of climatic variability on dry forest could be increase due to prediction of climate models that estimate a higher frequency of El Niño-La Niña events,

causing more fluctuating and unpredictable food resources availability for Lilac-crowned parrot during breeding season and raising chicks among years.

## 1. Introducción

### 1.1 Influencia de la variabilidad climática sobre la reproducción en aves

Los cambios en el clima se producen como consecuencia de la variabilidad interna dentro del sistema climático y de factores externos que pueden ser naturales o antropógenos, presentando fluctuaciones a escalas relativamente cortas conocido como variabilidad climática (IPCC 2001). La evidencia de que la variabilidad climática impacta los sistemas ecológicos y las dinámicas poblacionales de las aves ha sido documentada desde hace varios años (Curry y Grant 1989, Ottersen et al. 2001, Jenouvrier et al. 2003, Reed 2006). La variabilidad climática puede afectar aspectos de la reproducción de las aves como el tiempo de la puesta de huevos (Dickey et al. 2008), tamaño de los huevos (Pendlebury et al. 2004), la condición corporal (Wolfe y Ralph 2009), la proporción de sexos (Weatherhead 2005) y el éxito reproductivo (Carey 2009). Esto trae como consecuencia una reducción de los tamaños poblacionales (Van de Pol 2010), modificaciones en la distribución espacial (Parmesan et al. 2000), e inclusive puede llevar a la extinción de algunas poblaciones de aves (Boersma 1998).

La temporada reproductiva es un periodo crucial en los individuos que puede estar regido por el clima, principalmente la temperatura para diferentes grupos de organismos como aves (Crick et al. 1997, Li y Brown 1999), mamíferos (Réale et al. 2003) y anfibios (Beebee 1995). En particular, los ciclos de las aves están íntimamente ligados a los cambios estacionales y a variables climáticas como la temperatura y la precipitación (NWF/ABC 2002), las cuales pueden afectar la disponibilidad de fuentes de alimento como insectos, flores y semillas. Es por esto, que la reproducción de las aves ocurre de manera estacional en una época específica del año y tiende a estar sincronizada la crianza de los pollos, con el periodo de mayor abundancia de recursos alimenticios (Lack 1954, Perrins 1970). Esto les asegura que cuando los pollos nazcan, se encuentren los recursos alimenticios disponibles necesarios (insectos, semillas y frutos) para garantizar su desarrollo (Perrins 1970). Por lo que, la disponibilidad de alimento durante la temporada reproductiva es un factor determinante que puede afectar el éxito de crianza (Lack 1950, Perrins 1983),

siendo favorecidos por la selección natural aquellos individuos que sincronicen el periodo de crianza con los recursos alimenticios (Perrins y Birkhead 1983, Both y Visser 2005). La importancia de la sincronización de las aves con los recursos alimenticios ha podido observarse en diversos estudios. En el caso del vencejo pálido (*Apus pallidus*) se encontró una relación entre la abundancia de alimento dos días antes de la puesta y el tamaño de los huevos (Cucco y Malacarne 1996). Esto influyó en la calidad del segundo y tercer huevo debido a que las hembras depositan la mayoría de las reservas acumuladas en la producción del primer huevo mientras los siguientes huevos están sujetos a la disponibilidad de alimento dos días antes de la puesta (Cucco y Malacarne 1996). También se ha visto que la anidación de varias aves insectívoras está relacionada con la abundancia de artrópodos aéreos (Visser et al. 1998). Siendo la abundancia de artrópodos durante el periodo de mayor requerimiento para las crías un factor clave para el éxito reproductivo en las aves paseriformes insectívoras (Perrins 1970). En el caso del ave avión común *Delichon urbica*, se ha visto que el crecimiento de las crías está influenciado por las fluctuaciones en los picos de abundancia de insectos aéreos durante su crianza (Bryant 1975).

Las aves también pueden estar sincronizadas con la fenología de las plantas. A partir de la evaluación de los datos del conteo navideño realizado en América del Norte, se encontró que varias aves están sincronizadas con la producción de semillas de diferentes especies de plantas (Bock y Lepthien 1976). Esto también ha podido observarse con aves que habitan en zonas tropicales, las cuales sincronizan la temporada de crianza con los periodos de lluvias o secas. Un ejemplo son los colibríes de las tierras bajas de Costa Rica, los cuales llegan durante la época seca para coincidir con el pico de floración de numerosas especies de plantas (Stiles 1980).

Por otro lado, la variabilidad climática puede ocasionar asincronía del ciclo reproductivo de las aves con los recursos alimenticios (Crick et al. 1997). Esta asincronía con el pico de recursos alimenticios puede generar una mayor demanda alimenticia por parte de las crías, incrementando los costos energéticos de los padres al mismo tiempo que se reduce el éxito de crianza (Thomas et al. 2001).

En el herrerillo común, *Parus caeruleus*, un ave insectívora paseriforme, se observó que la asincronía en el inicio de la anidación con el pico de su principal alimento ocasionó una mayor demanda alimenticia por parte de las crías y un efecto negativo en la tasa metabólica de los padres (Thomas et al. 2001). Asimismo, el desfase del periodo de crianza con los recursos alimenticios puede ocasionar disminuciones en las poblaciones de aves como consecuencia del adelanto de los picos de producción de alimento (Sanz 2003, Dawson 2006). Un estudio en los países bajos de Europa con el ave atrapa moscas, *Ficedula hypoleuca*, reportó una disminución de su población en un 90% en las áreas donde se ha adelantado el pico de producción de su principal alimento (Both et al. 2006). Asimismo, el éxito reproductivo de las poblaciones mediterráneas de esta especie ha declinado en un 15% entre 1984 y 2001, debido a que no arriba lo suficientemente temprano a las áreas de anidación para compensar las demandas de las crías al perder la sincronía con el pico de su principal alimento (Sanz et al. 2003).

Por otro lado, para algunas especies de aves rapaces se ha observado una tendencia a anidar más temprano durante el verano como consecuencia de la disminución del pico de su principal presa (Dann et al. 1990). Este desfase de tiempo entre depredador-presa puede ocasionar una disminución en las poblaciones si las especies son incapaces de completar su ciclo de vida (Durant et al. 2003).

## 1.2 Efecto de la temperatura sobre la reproducción en aves

Diversos estudios han demostrado que existe una relación entre el adelanto de la puesta de huevos y la temperatura, así como una relación entre la temperatura con el adelanto en la pérdida de follaje en el bosque deciduo y los adelantos en los picos de abundancia de insectos (Sparks y Crick 1999). Asimismo, las fluctuaciones de la temperatura pueden influir sobre el inicio de anidación e incubación de los huevos por las aves (Crick et al. 1997). Un estudio de 40 años con la golondrina bicolor (*Tachycineta bicolor*) en Norte América mostró un adelanto de nueve días en la puesta de huevos, asociado con el incremento de la superficie de la temperatura del aire durante la anidación (Dunn y Winkler 1999).

El mecanismo de anidar más temprano como en la golondrina bicolor, así como en otras aves, puede ser ocasionado por el adelanto del pico de abundancia de los insectos aéreos (Dunn y Winkler 1999), lo cual está directamente relacionado con la temperatura del aire.

También se ha observado que después de cambios repentinos de temperatura, el gasto energético de las aves se incrementa y si las aves son incapaces de compensar esos gastos, podrían poner huevos de menor tamaño afectando su dinámica poblacional (Pendlebury et al. 2004).

### 1.3 Efecto de la precipitación sobre la reproducción en aves

Las fluctuaciones interanuales de la precipitación en condiciones ambientales, particularmente en hábitats estacionales, pueden influir en la reproducción y la dinámica poblacional de las aves (Gibbs y Grant 1987, Curry y Grant 1989). La variación de la precipitación entre años en un ambiente seco, influyó en el éxito reproductivo de la chara de pecho gris, *Aphelocoma ultramarina* (Li y Brown 1999). Igualmente, el carbonero embridado (*Baeolophus walgeber*) tiene un mayor éxito reproductivo debido al aumento de la precipitación y producción de recursos alimenticios durante eventos de El Niño, mientras que durante La Niña el éxito de reproducción es bajo debido a la limitación de recursos (Christman 2002). Otro estudio con cuatro especies de aves paseriformes en ambientes áridos y semiáridos, encontraron que las fluctuaciones en la precipitación entre años está relacionado con su éxito reproductivo debido a la escasa disponibilidad de alimento, disminuyendo el número de parejas que anidan y el número de volantones por pareja durante un año muy seco (Bolger et al. 2005). Por otro lado, para los pinzones residentes de la Isla Dhapne, *Geospiza fortis* y *G. scandes*, las variaciones en la disponibilidad de recursos alimenticios por aumentos en la precipitación debido al fenómeno de El Niño, favoreció la presencia y la anidación de ambas especies en la isla e incluso durante los meses posteriores, afectando positivamente su éxito reproductivo (Boat y Grant 1984).

#### 1.4 Efecto de la variabilidad climática sobre la reproducción de aves tropicales

Existe poco conocimiento del efecto de la variabilidad climática y del fenómeno de El Niño sobre la reproducción de aves en zonas tropicales, específicamente las que habitan en los bosques secos (Wolfe y Ralph 2009). Esto puede deberse a la variación estacional en la disponibilidad de recursos y las complejas cadenas tróficas que se desarrollan en estos ambientes (Wolfe y Ralph 2009).

En los ambientes tropicales las fluctuaciones en la precipitación parecen tener mayor impacto en la fenología de las plantas (Borchert 1999). Se ha observado que durante eventos de El Niño pueden producirse fuertes sequías que afectan la fenología de los árboles, al adelantar la caída de las hojas y modificar su crecimiento (Borchert 1999). Otros estudios han expuesto el impacto del fenómeno de El Niño en la sobrevivencia de vertebrados tropicales. Wright et al. (1999) mostró que para algunos bosques tropicales de Centro América se presentan años con mayor abundancia de recursos, seguidos por años de escases como resultado de los eventos de El Niño, los cuales están asociados a fluctuaciones en la tasa de mortalidad de mamíferos frugívoros y granívoros.

El fenómeno de El Niño puede afectar el éxito reproductivo de las aves marinas al reducir la disponibilidad de recursos alimenticios durante la reproducción (Wingfield y Kenagy 1991, Crick 2004). Esta falta de alimento durante condiciones climáticas adversas, puede ocasionar que las aves abandonen los nidos, los huevos y las crías (Wingfield y Kenagy 1991). En aves marinas tropicales como el bobo de patas azules, *Sula nebouxii* el aumento de la temperatura de la superficie del mar ocasionó que las aves abandonaran el nido durante la incubación y la muerte de todas las crías, lo cual parece estar relacionado con aspectos hormonales en el ciclo de anidación afectando principalmente a las hembras durante un evento de El Niño (Wingfield et al. 1999).



### 1.5 Reproducción del loro corona lila (*Amazona finschi*)

Un gran número de las especies de psitácidos amenazadas del neotrópico se encuentran restringidas a los bosques secos estacionales (Collar y Juniper 1991, Snyder et al. 2000). Sólo dos estudios han evaluado los efectos del fenómeno de El Niño-La Niña sobre la reproducción de los loros (Masello y Quillfeldt 2004, Renton y Salinas-Melgoza 2004). En el caso del loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*) en Argentina las crías presentaron un menor crecimiento y una elevada tasa de mortandad durante un año de sequía producido por el fenómeno de La Niña (Masello y Quillfeldt 2004). Para el loro corona lila (*Amazona finschi*) en México, la variación entre años en la disponibilidad de los recursos alimenticios, asociado con la precipitación, influyeron sobre el crecimiento de los pollos (Renton 2002). Asimismo, las fluctuaciones interanuales en la precipitación asociados con el ciclo de El Niño-La Niña influyeron sobre el tamaño de la nidada, y la sobrevivencia de las crías debido a la mortalidad de crías por inanición durante los años más secos (Renton y Salinas-Melgoza 2004).

El loro corona lila es una especie endémica de México que habita el bosque tropical seco a lo largo de la Vertiente del Pacífico (Forshaw 1989). Esta incluida como Vulnerable en la Lista Roja de la IUCN (2007). El loro corona lila anida en los meses de febrero a mayo durante la época seca y utiliza para anidar cavidades naturales en árboles maduros del bosque tropical subcaducifolio (Renton y Salinas-Melgoza 1999). Las semillas de *Astronium graveolens* son importantes en la dieta de los loros durante la época seca (Renton 2001), cuando están anidando (Renton y Salinas-Melgoza 1999). Por lo tanto, las semillas de *A. graveolens* podrían representar un recurso clave para la reproducción de los loros. Sin embargo, no se ha determinado si existe una sincronía entre el pico de producción de frutos de *A. graveolens* y la crianza de los pollos. En el presente estudio, se propone determinar si el periodo de crianza de los pollos del loro corona lila está sincronizado con el pico de producción de frutos de *A. graveolens*, así como evaluar de que manera influye la variabilidad climática en la fenología de fructificación de *A. graveolens* y en la reproducción del loro corona lila en el bosque tropical seco.

## 2. Hipótesis

1. Debido a que *A. graveolens* es un recurso alimenticio importante durante la temporada reproductiva del loro corona lila, la etapa de crianza de los pollos de los loros debería de estar sincronizada con el pico de fructificación de *Astronium graveolens*.
2. La variabilidad climática influirá en el periodo de fructificación de *A. graveolens* y en la reproducción de los loros en el bosque seco.

## Predicciones

El loro corona lila anida en los meses de febrero a mayo durante la época seca, periodo en el que las semillas de *Astronium graveolens* son importantes en la dieta de los loros, cuando están anidando. Por lo tanto, las semillas de *A. graveolens* podrían representar un recurso clave para la reproducción de los loros. Por lo que se espera que la crianza de los pollos del loro corona lila esté sincronizado con el pico de producción de frutos de *A. graveolens*.

La región de Chamela-Cuixmala es una zona impactada por los fenómenos de El Niño-La Niña, por lo cual se espera que la variabilidad climática tenga un efecto sobre la fenología de fructificación de *A. graveolens* y la reproducción del loro corona lila.

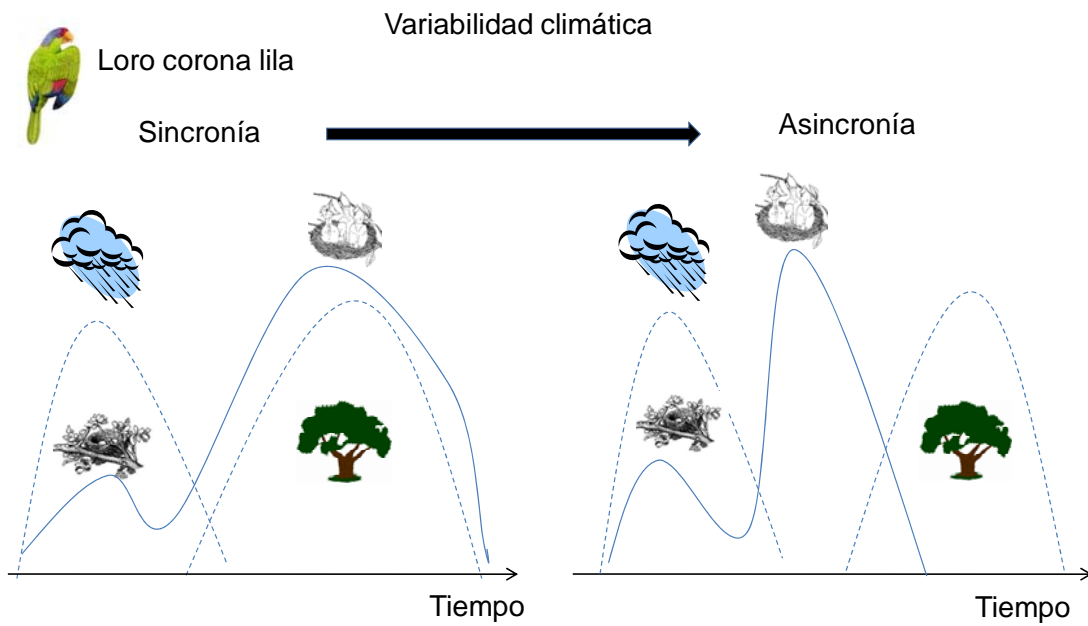


Figura 1. Relación entre el clima y la fenología. Las señales ambientales que dan inicio a la puesta de huevos, la crianza de los pollos del loro corona lila y la sincronía con el pico de su principal alimento, versus el efecto de la variabilidad climática que ocasiona asincronía de la crianza de los pollos con su principal recurso alimenticio.

### 3. Objetivo general

Evaluar el efecto de la variabilidad climática sobre la reproducción del loro corona lila (*Amazona finschi*).

#### 3.1 Objetivos particulares

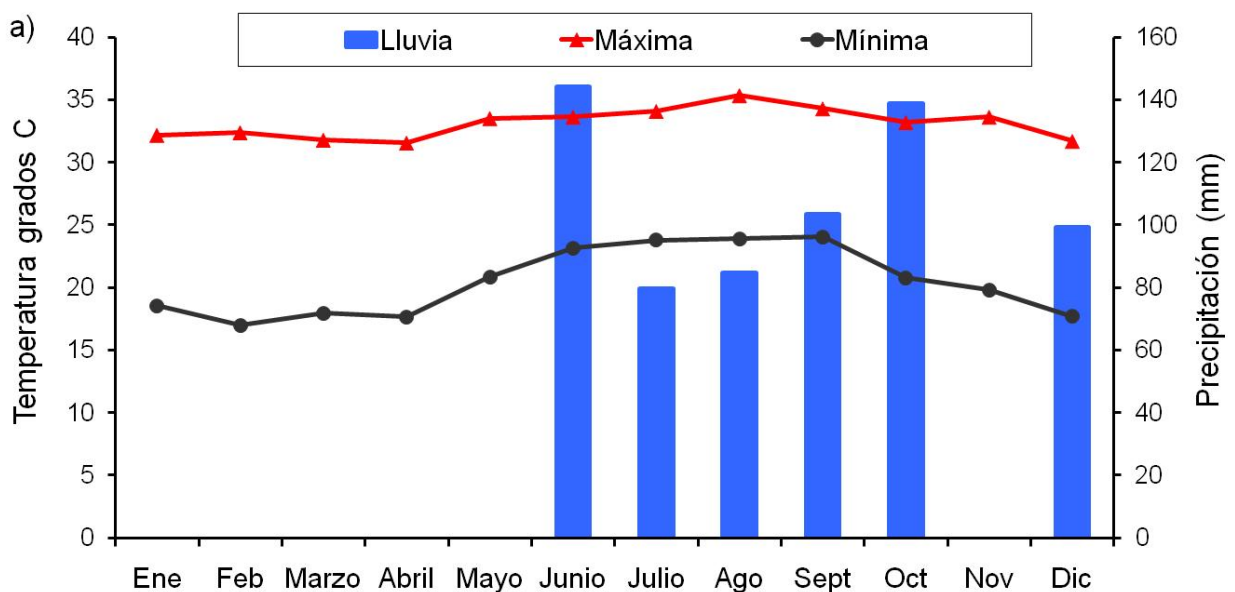
1. Determinar la disponibilidad de recursos alimenticios para el loro corona lila, así como el periodo de pico fructificación de *A. graveolens* durante las temporadas reproductivas 2009 y 2010.
2. Determinar el periodo de mayor crianza y crecimiento de los pollos del loro corona lila durante la anidación.
3. Determinar la contribución de las semillas de *Astronium graveolens* a la dieta de las crías del loro corona lila.
4. Evaluar la sincronía entre el pico de producción de frutos de *A. graveolens* y la crianza de los pollos del loro corona lila.
5. Evaluar la influencia de la variabilidad climática sobre la fructificación de *A. graveolens* en el bosque seco.
6. Evaluar la influencia de la variabilidad climática sobre la reproducción del loro corona lila en el bosque seco.

## 4. Métodos

### 4.1 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala en la costa de Jalisco. La vegetación predominante es el bosque caducifolio que se encuentra en los lomeríos, con parches de bosque subcaducifolio en los valles (Lott 1993, Rzedowsky 1994). El clima presenta una temperatura media anual de 24.9° C, con precipitación media anual de 788 mm (Bullock 1986). Hay una marcada estacionalidad con el 85% de la precipitación durante junio a octubre, seguida por una prolongada sequía de noviembre a junio (Bullock 1986). Un aspecto importante fue que durante el periodo de estudio se presentó una precipitación inusual a finales del mes de diciembre de 2009 y durante los meses de enero y febrero de 2010 (Fig. 2). En 2009 llovió un máximo de 140 mm mientras que en 2010 llovió hasta 450 mm.

Los datos climáticos de temperatura y precipitación se obtuvieron de la Estación de Biología de Chamela del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la página de la estación (<http://www.ibiologia.unam.mx/ebchamela>).



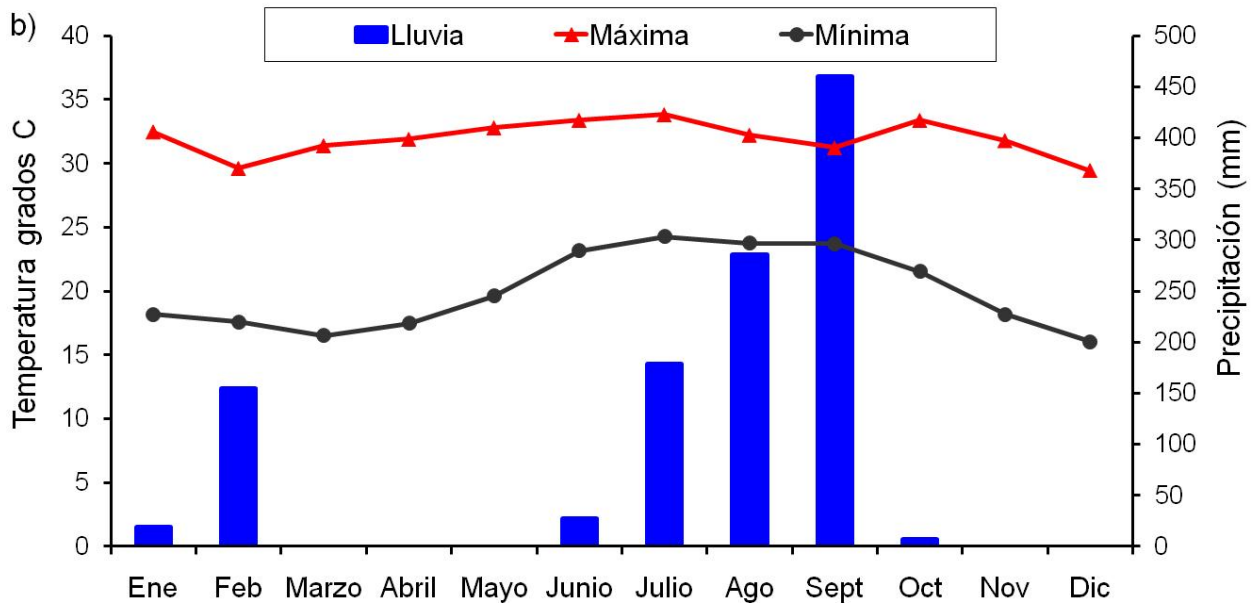


Figura 2. Promedio mensual de temperatura máxima (triángulos y línea roja) y mínima (círculos y línea negra) y total mensual de precipitación (barras) durante (a) 2009 y (b) 2010 en la Estación de Biología Chamela. La temporada reproductiva de los loros abarca de febrero a mayo.

**4.2 *Astronium graveolens*.** Es un árbol de la familia Anacardiaceae que alcanza 20 a 30 m de altura, con diámetros del tronco de hasta 1 m. Es una especie de amplia distribución por la vertiente del Pacífico y la península de Yucatán en México (Pennington y Sarukhan 2005). Se encuentra principalmente en las selvas húmedas o subcaducifolias, y es una especie común en el bosque subcaducifolio del sitio de estudio (Lott et al. 1987). La producción de frutos es de abril a junio (Pennington y Sarukhan 2005).

#### 4.3 Disponibilidad de recursos alimenticios y fenología de *A. graveolens*

Para conocer la disponibilidad de recursos alimenticios para los loros durante la temporada reproductiva en los meses de marzo a junio de los años 2009 y 2010, se recorrieron mensualmente ocho transectos de 200

x 4 m (Chapman et al. 1994), con cuatro transectos en bosque caducifolio en las lomas y cuatro en bosque subcaducifolio en los valles. Al revisar los transectos registré los árboles de *Astronium graveolens* que se encontraban fructificando anotando el diámetro a la altura de pecho (DAP), que es un reflejo confiable de la producción de biomasa de frutos por el árbol (Chapman et al. 1992). Además, estimé el rango de abundancia de los frutos en el árbol utilizando una escala con categorías de abundancia de 0 a 4 (Bullock y Solis-Magallanes 1990); donde 0 es ausencia de frutos, 1 = hasta 25% lleno de frutos, 2 = 25% a 50% lleno, 3 = 50% a 75% lleno y 4 = 75%-100% lleno.

Adicionalmente, para determinar la fenología de *Astronium graveolens*, realicé recorridos por los arroyos mensualmente registrando los árboles de *A. graveolens* con hojas, flores, o frutos (Fournier 1974). Estos recorridos se hicieron a lo largo del arroyo Zarco en Chamela (3 km), el arroyo Limbo en Cuixmala (3 km) y el arroyo Careyes (3.5 km). Durante los recorridos mensuales, registré el rango de abundancia de hojas, flores y frutos para los árboles de *A. graveolens*. Además, registré el DAP de los árboles hembras que produjeron frutos, marcando cada árbol para su posterior seguimiento.

#### 4.4 Localización de los nidos

Durante los meses de enero y febrero se localizaron los nidos de los loros mediante observaciones directas de comportamiento de las parejas (Renton y Salinas-Melgoza 1999). Los nidos se revisaron utilizando técnicas de ascenso con cuerda (Perry 1978, Perry y Williams 1981) o por el tronco (Donahue y Wood 1999). Durante la temporada 2009, se localizaron e inspeccionaron un total de 14 nidos, realizando el seguimiento de 10 pollos en seis nidos (tres nidos con un pollo, dos nidos con dos pollos y un nido con tres pollos). Para la temporada reproductiva 2010, se localizaron e inspeccionaron un total de 23 nidos, realizando el seguimiento de 17 pollos en ocho nidos (dos nidos con un pollo, tres nidos con dos pollos y tres nidos con tres pollos).

#### 4.5 Crecimiento de los pollos y muestras de buche

Para evaluar la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de los pollos, cada nido fue revisado dos veces a la semana (Renton 1998, 2002). Las revisiones se realizaron a partir de las 10:00 horas, después de que los pollos habían sido alimentados por los padres (Renton y Salinas-Melgoza 1999). A cada pollo se le colocó en la pata izquierda un anillo metálico cerrado y numerado para permitir su posterior reconocimiento. Para evaluar el crecimiento de los pollos, en cada revisión se registró el peso corporal usando una balanza (Pesola de  $300 \pm 0.1$  g o de  $500 \pm 0.1$  g, dependiendo del tamaño del pollo), y se midió la longitud del culmen y del ala izquierda cerrada con un vernier digital ( $\pm 0.1$  mm), o bien una regla de ala graduada ( $\pm 1$  mm) cuando el ala tenía una longitud mayor de 120 mm (Saunders 1986, Renton 2002).

Las curvas de crecimiento para los pollos de la temporada 2010 no pudieron realizarse debido a que cuando se realizaron las inspecciones en los nidos los pollos estaban muy adelantados en su crecimiento.

Para conocer el contenido de la dieta de los pollos, a partir de los 20 días de edad se tomaron muestras del alimento proporcionado por los padres directamente del buche de los pollos. Las muestras del buche se colectaron utilizando jeringas de 3 ml previamente cortadas dejando el cilindro abierto y con los bordes lisos para evitar lastimar al pollo (Enkerlin-Hoeflich et al. 1999). La jeringa fue introducida por el lado izquierdo del pico de las crías, siguiendo una dirección hacia el lado derecho debido a la forma del pico y la posición del esófago (González-Elizondo 1998). Los pollos instintivamente tragaban la jeringa y se manipuló el buche para introducir el alimento a la jeringa, este proceso fue rápido y después de unos segundos la jeringa fue extraída. Cada muestra se guardó en una bolsa de plástico hermética, rotulada con el número del anillo del pollo, la referencia del nido y la fecha en la que se obtuvo. Las muestras se mantuvieron en refrigeración hasta su análisis. El primer paso en el análisis de las muestras fue colocarlas en papel absorbente para retirar el exceso de humedad. Posteriormente, cada componente fue separado, identificado como fruto o semilla por especie vegetal y cuantificado (como masa en gramos) en una balanza electrónica semianalítica con precisión de 0.001 g.



## 5. Análisis Estadísticos

### 5.1 Disponibilidad de recursos alimenticios y fenología de *A. graveolens*

Se hicieron pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov a los datos, aplicando análisis no-paramétricos cuando los datos no presentaron una distribución normal. Se aplicó un Análisis de Varianza de Friedman a los datos de número de árboles fructificando y suma de rango de abundancia de frutos en los transectos de fenología para determinar si existían diferencias entre los meses en la abundancia de recursos alimenticios para los loros. Para la fenología de fructificación de *Astronium graveolens*, se usó un prueba de Chi-cuadrado para determinar si el número de frutos de los árboles en fructificación estaba asociado con algún mes de la temporada.

### 5.2 Crianza de los pollos

Se determinó el número de pollos por semana en etapas de desarrollo, considerando pollos con < 1 mes de edad, de 1-2 meses de edad, y volantones (Renton 2002, Renton y Salinas-Melgoza 2004). Se exploró la relación entre la suma de rango de abundancia de frutos de *A. graveolens* y número de pollos por semana en cada etapa de desarrollo mediante análisis de regresión lineal. Además, se calculó la tasa de crecimiento de los pollos aplicando la ecuación logística de Ricklefs (1967) la cual es:  $\text{Crecimiento} = A / (1 + \text{EXP}(-k(\text{Edad} - t_i)))$ . Donde: A = asíntota, k = tasa de crecimiento,  $t_i$  = punto de inflexión de la curva o tiempo para alcanzar el 50% de la asíntota. Se obtuvo la curva de crecimiento para cada variable (peso, culmen y ala) utilizando el paquete estadístico SPSS 17.0. Para observar si había diferencias en el crecimiento de los pollos entre ambas temporadas reproductivas se aplicó una prueba de t-student para comparar el peso de los pollos en las temporadas reproductivas 2009 y 2010, considerando una medida determina a los 40 días de edad que es cuando alcanza la asíntota en la curva de crecimiento. Para evaluar si la abundancia de frutos de *A. graveolens* se relaciona con el número de pollos en cada etapa de desarrollo se usó un análisis de regresión lineal.

Se evaluó la composición de la dieta y la proporción de biomasa de las semillas de *A. graveolens* en la dieta de las crías de los loros en las dos temporadas reproductivas 2009 y 2010. Esto a partir de la obtención de un número variable de muestras de alimento de cada uno de los pollos de los nidos localizados durante toda la temporada de crianza. Se aplicó una prueba *U* de Mann-Whitney para comparar la diversidad de componentes de especies de plantas en cada alimentación de las crías por los padres entre los dos años. Por último, para conocer la frecuencia de *A. graveolens* con respecto al resto de los componentes en la dieta de las crías se utilizó una tabla de contingencia.

### 5.3 Análisis climático del área de estudio

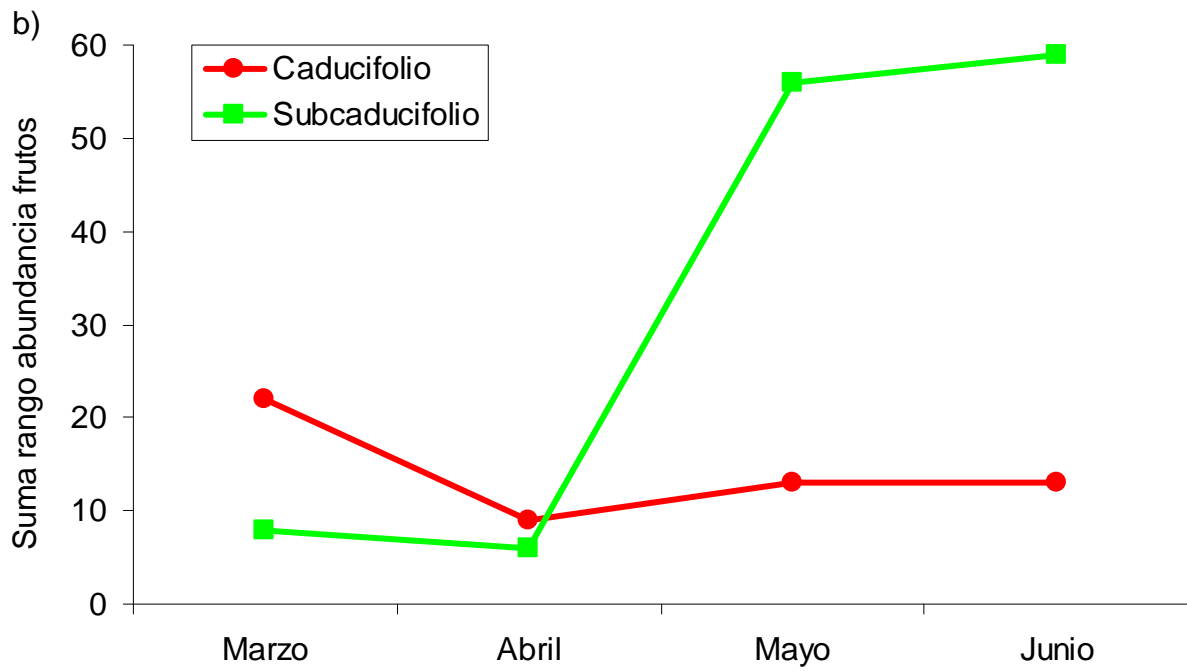
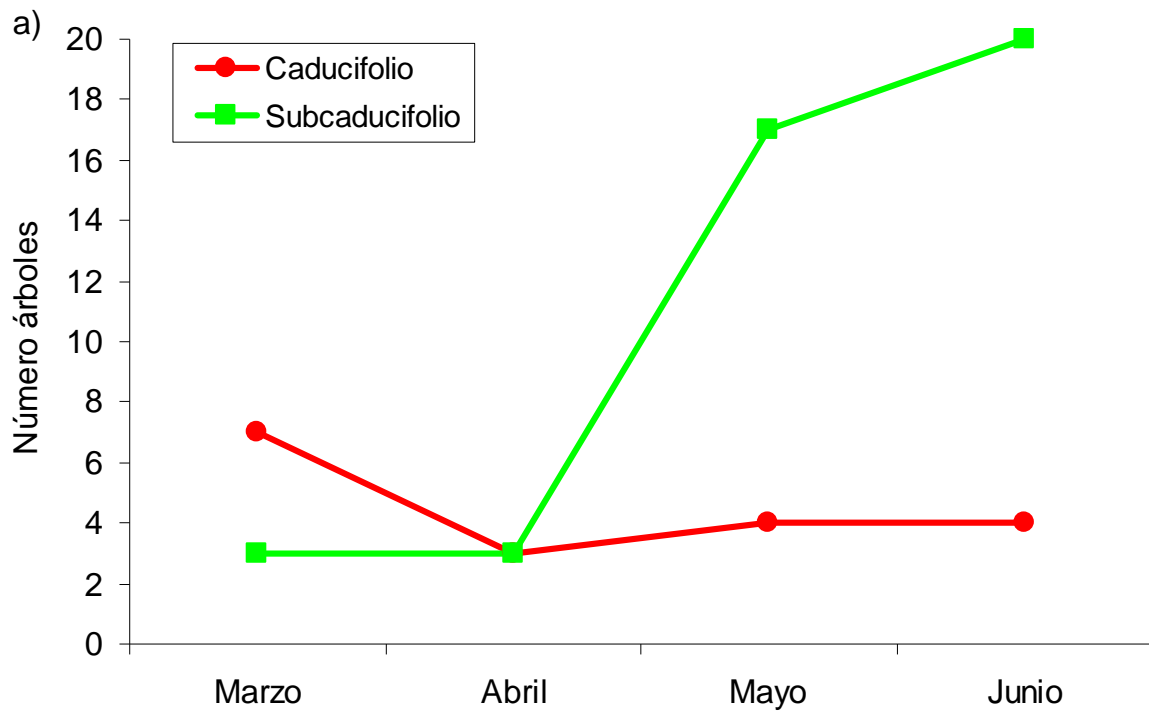
Los datos diarios de temperatura mínima y máxima durante los meses de sequía de enero a febrero no presentaron homogeneidad de varianza, por lo cual se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis para comparar la temperatura diaria mínima y máxima entre los meses de enero a febrero en los dos años de estudio. Se aplicó una prueba de *t*-student para comparar las temperaturas máximas y mínimas entre los meses de enero y febrero, fecha en que comienza la puesta de huevos del loro corona lila y ocurre la fructificación de *A. graveolens*. Adicionalmente, para observar si había un efecto de la variabilidad climática sobre la fructificación de *A. graveolens*, se utilizó el índice oceánico de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) del centro de predicciones del clima del servicio nacional de Estados Unidos. El índice está basado en un umbral de  $\pm 0.5^\circ$  C representado por episodios cálidos y fríos para los años 2009-2010 con liga a la página (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices>). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el programa estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1. Para los análisis se consideró como significativo una  $P < 0.05$ , y los datos descriptivos se presentan con su promedio y desviación estándar.

## 6. Resultados

### 6.1 Disponibilidad de recursos alimenticios y fenología de *Astronium graveolens*

La disponibilidad de recursos alimenticios para los loros durante su temporada de anidación varió significativamente entre los meses durante 2009 y 2010 en términos del número de árboles fructificando (ANOVA Friedman 2009:  $X^2_3 = 7.7$ ,  $P = 0.05$ ; 2010:  $X^2_4 = 10.7$ ,  $P = 0.03$ ) y el rango de abundancia de frutos (ANOVA Friedman 2009:  $X^2_3 = 9.8$ ,  $P = 0.02$ ; 2010:  $X^2_4 = 14.9$ ,  $P = 0.005$ ). En la temporada 2009, hubo mayor abundancia de recursos alimenticios para los loros durante los meses de mayo y junio, particularmente en el bosque subcaducifolio (Fig. 3). Durante la temporada reproductiva 2010 la mayor disponibilidad de recursos alimenticios para los loros ocurrió en el mes de febrero, declinando durante el resto de la temporada, y generalmente siendo mayor en el bosque caducifolio (Fig. 4).

Mediante los recorridos de fenología de la pérdida de follaje, floración y fructificación de *A. graveolens*, se observó que este árbol pierde sus hojas antes de comenzar la floración y la fructificación (Fig. 5). En la temporada reproductiva 2009, el pico de floración y fructificación de *A. graveolens* ocurrió en el mes de mayo cuando se presentó mayor abundancia de frutos en los árboles ( $X^2_4 = 845$ ,  $P < 0.001$ ; Fig. 5). En cambio para la temporada reproductiva 2010, se observó que los árboles mantuvieron su follaje durante toda la temporada, incrementando ligeramente de febrero a mayo (Fig. 6). En consecuencia, aunque hubo un ligero pico en floración y fructificación al inicio de la temporada en febrero y marzo, éste declinó durante el resto de la temporada con el incremento del follaje y hubo incremento en el rango de abundancia de frutos en junio al final de la temporada ( $X^2_6 = 73.7$ ,  $P < 0.001$ ; Fig. 4).



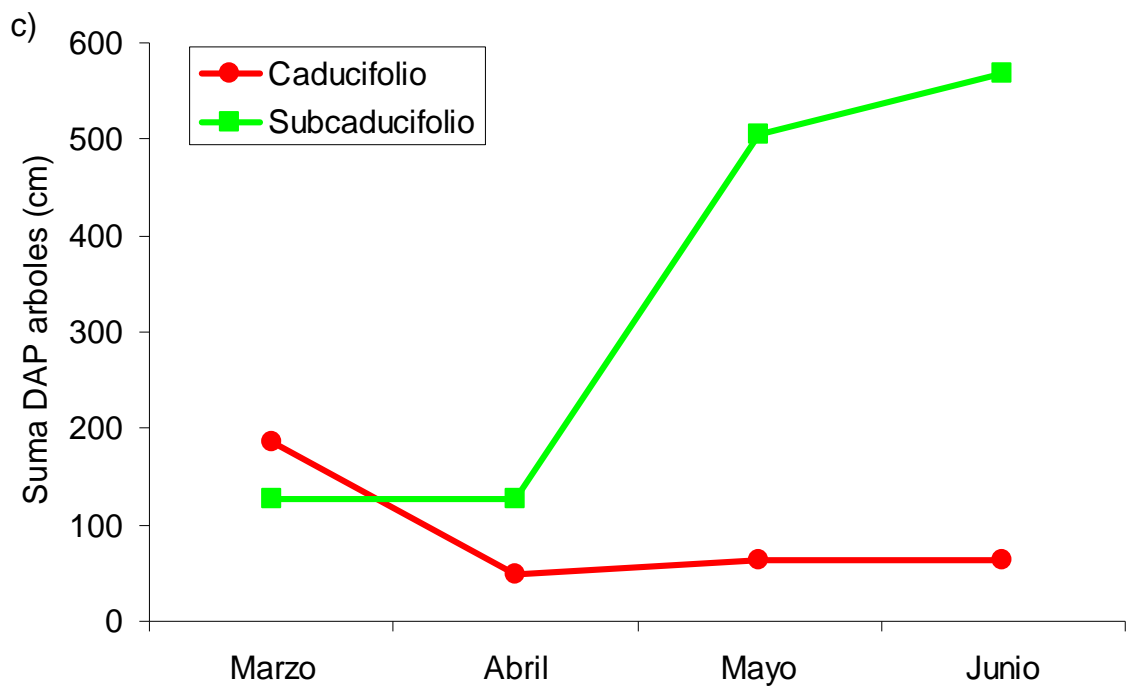
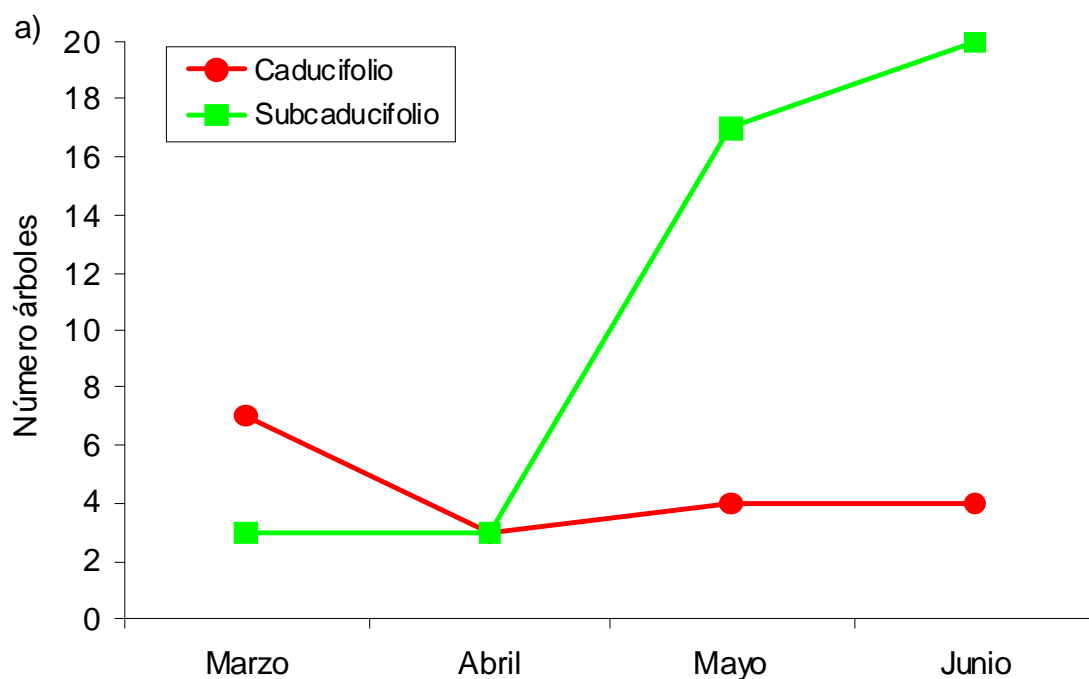


Figura 3. Disponibilidad de recursos alimenticios para el loro corona lila durante la temporada reproductiva de los loros 2009 en el bosque caducifolio y subcaducifolio por a) número de árboles fructificando, b) rango de abundancia de frutos y c) DAP de los árboles con frutos.



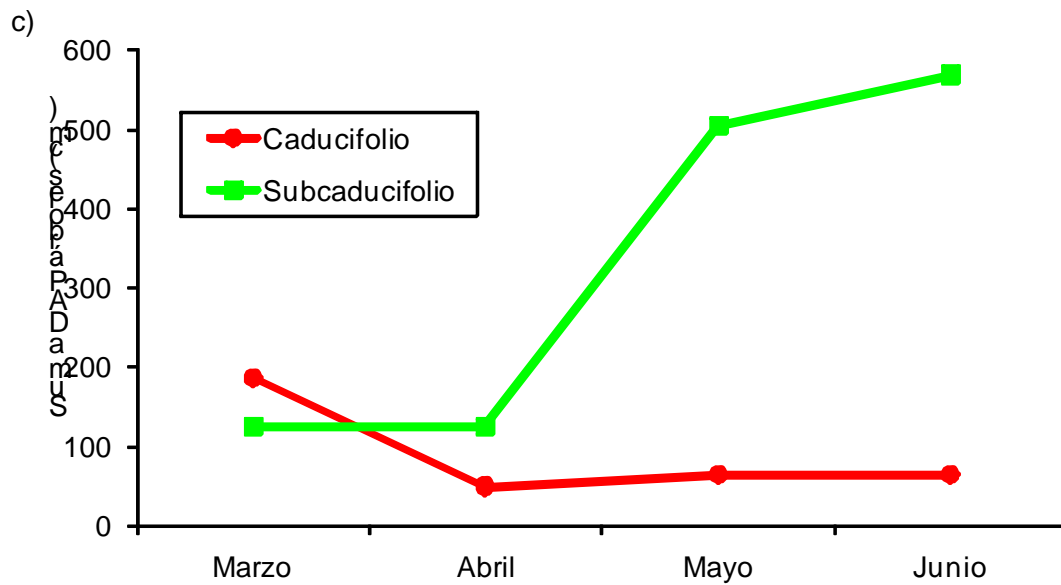
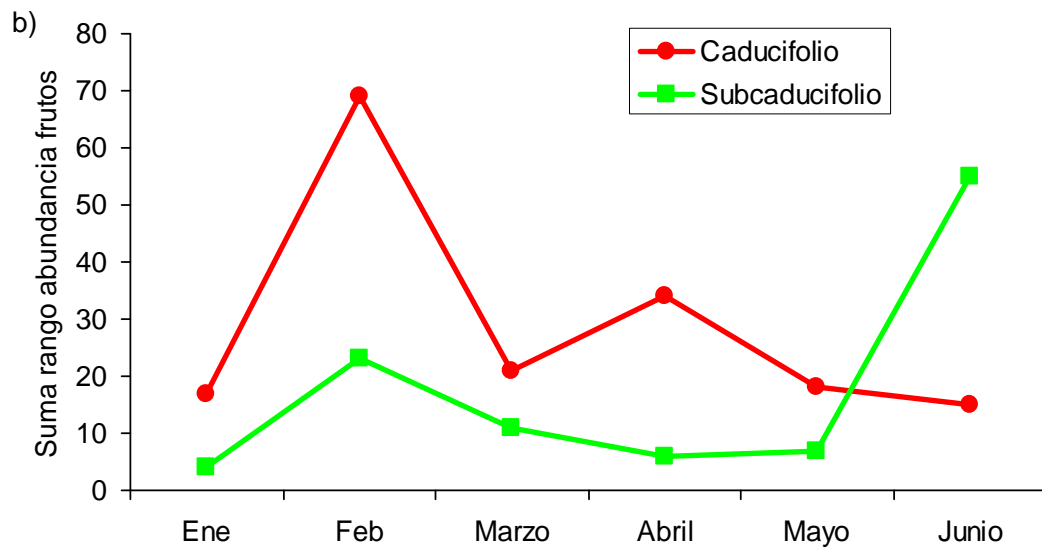


Figura 4. Disponibilidad de recursos alimenticios para el loro corona lila durante la temporada reproductiva de los loros 2010 en el bosque caducifolio y subcaducifolio por a) número de árboles fructificando, b) rango de abundancia de frutos y c) DAP de los árboles con frutos.

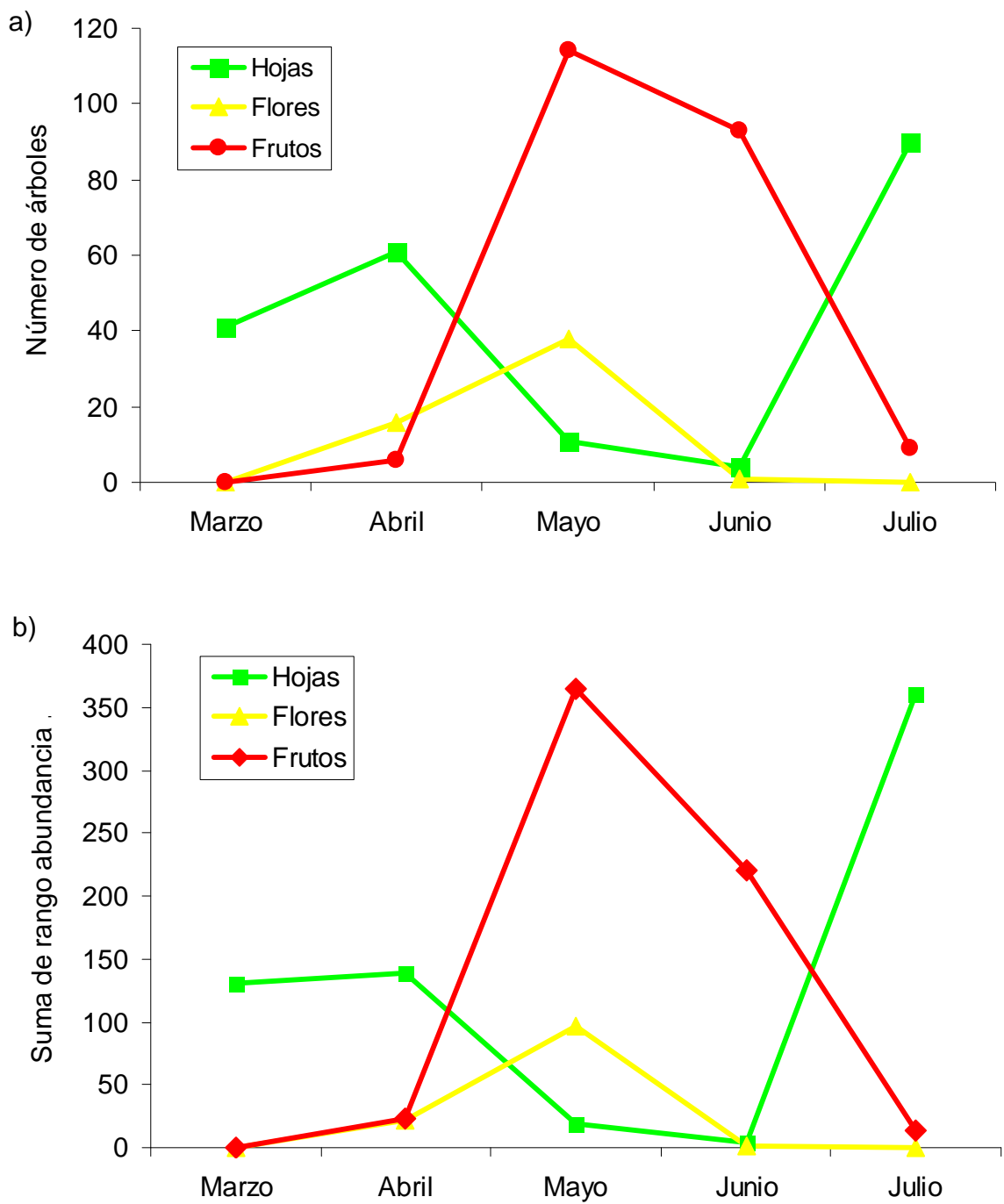


Figura 5. Fenología de *Astronium graveolens* por a) número de árboles y b) suma de rango de abundancia de hojas, flores y frutos durante la temporada reproductiva de los loros 2009.

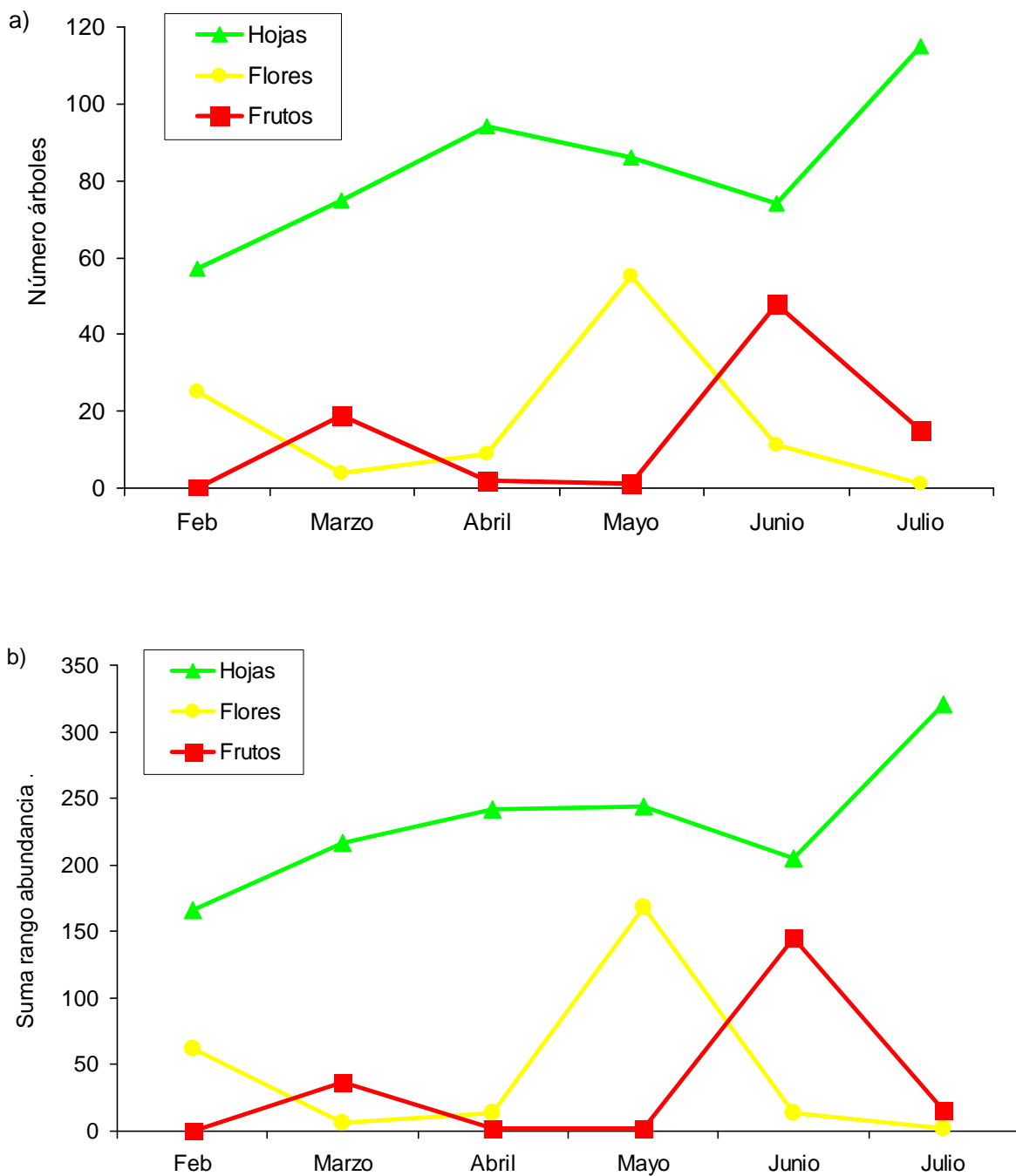


Figura 6. Fenología de *Astronium graveolens* por a) número de árboles y b) suma de rango de abundancia de hojas, flores y frutos durante la temporada reproductiva de los loros 2010.



## 6.2 Éxito reproductivo

A pesar de que el número de nidos fue mayor en 2010, no hubo diferencias en el éxito reproductivo del loro corona lila entre los años de estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Productividad del loro corona lila para cada estado del ciclo reproductivo de las temporadas 2009 y 2010.

Productividad	2009	2010
Número de parejas anidando	17	23
Nidos revisados	13	18
Nidos exitosos	6	9
Tamaño de puesta	2.5 ± 0.53	2.5 ± 0.52
Pollos eclosionados:		
Por nido iniciado	1.2 ± 1.24	1.5 ± 1.37
Por nido exitoso	2.0 ± 0.93	2.4 ± 0.84
Volantones:		
Por nido iniciado	1.0 ± 1.29	1.1 ± 1.28
Por nido exitoso	2.17 ± 0.99	2.2 ± 0.83

## 6.3 Crecimiento de los pollos

El análisis de crecimiento de las crías de los loros en la temporada 2009 indicó que tuvieron su mayor aumento de peso cuando llegaron a los 30 días de edad, disminuyendo el peso de las crías aproximadamente 10 días antes de que abandonaran el nido (Fig. 7). Asimismo, la mayoría de los pollos alcanzaron su asíntota del culmen aproximadamente a los 40 días de edad (Fig. 8), mientras el crecimiento del ala continuó hasta que los pollos dejaron el nido (Fig. 9). Por lo tanto, el periodo cuando las crías de los loros requerían la mayor cantidad de alimento sería entre los 30 y 40 días de edad cuando realizan la mayor parte de su crecimiento corporal.

En cuanto al desarrollo de los pollos no se observaron diferencias en peso entre los pollos de la temporada 2009 y la temporada 2010 ( $t = 2.09$ , g. l.= 15  $P = 0.053$ ).

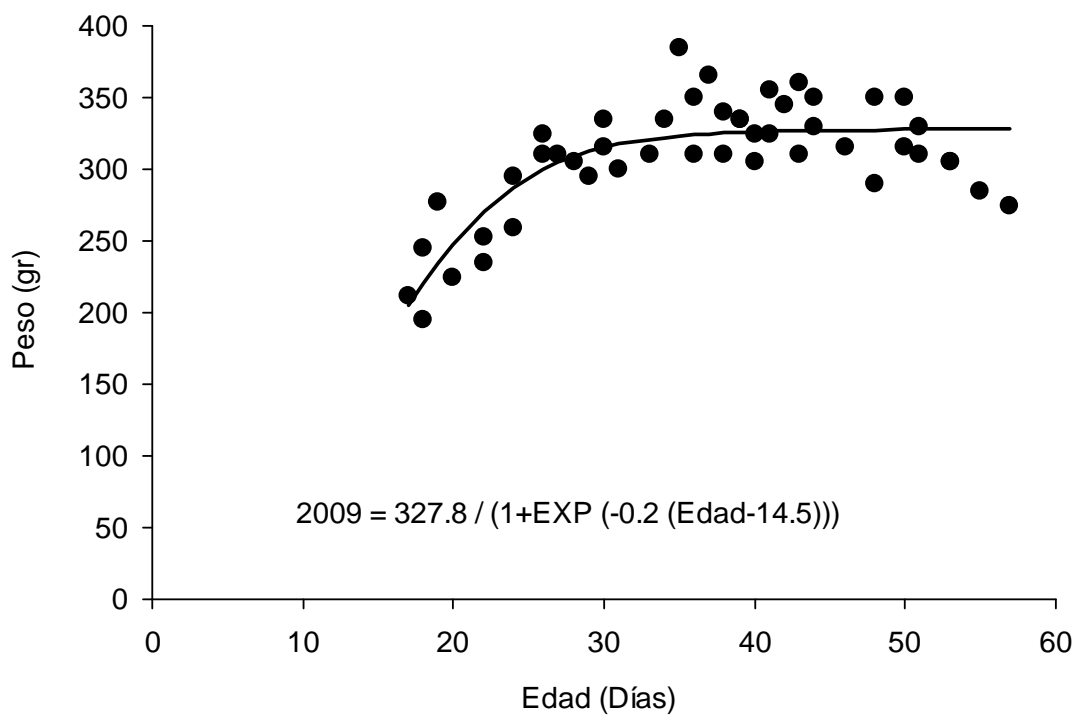


Figura 7. Curva de crecimiento del peso para los pollos de loro corona lila en 2009.

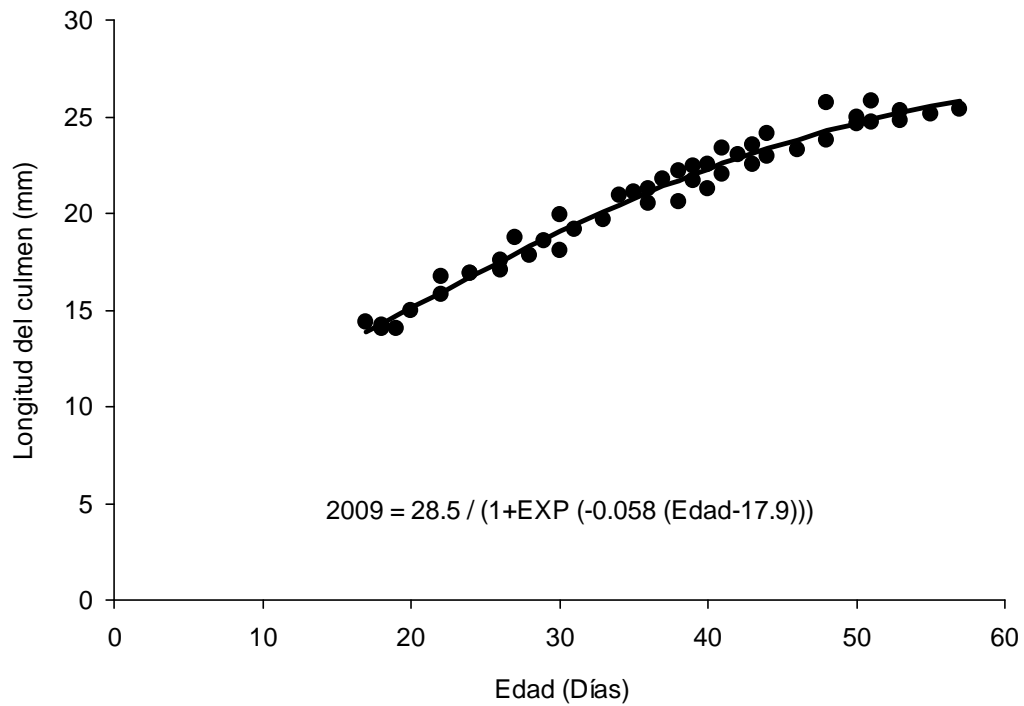


Figura 8. Curva de crecimiento del culmen para los pollos del loro corona lila en 2009.

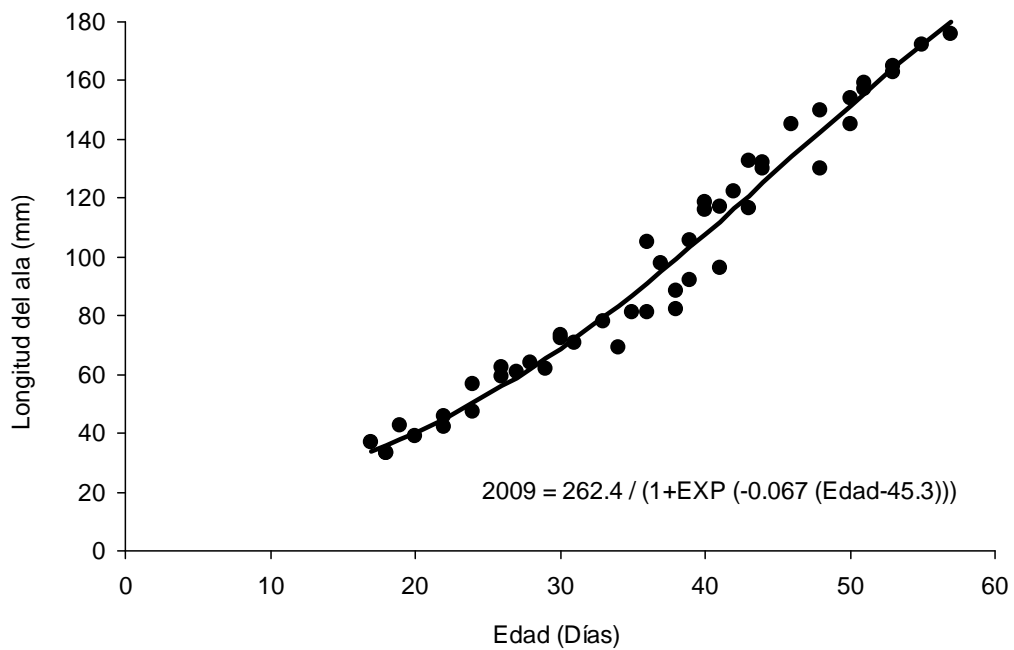


Figura 9. Curva de crecimiento del ala para los pollos del loro corona lila en 2009.

#### 6.4 Periodo de crianza de los pollos y sincronía con *A. graveolens*

Durante el 2009, la mayoría de los pollos alcanzaron el primer mes de edad durante las primeras semanas de abril, cuando todavía *A. graveolens* no alcanzaba el pico de fructificación (Fig. 10), no existiendo una relación de esta etapa de desarrollo de los pollos con la fructificación de *A. graveolens* ( $R^2 = 0.017$ ,  $F_{1,4} = 0.07$ ,  $P = 0.8$ ; Fig. 11). Para los pollos en su segundo mes de desarrollo, se encontró una relación exponencial negativa con la abundancia de frutos de *A. graveolens* ( $R^2 = 0.81$ ,  $F_{1,4} = 16.6$ ,  $P = 0.015$ ; Fig. 11), dado que comenzó la fructificación de *A. graveolens* y conforme se incrementa la producción de frutos de *A. graveolens* los pollos pasaron a la etapa de volantones y empezaron a dejar los nidos (Fig. 10). El pico de producción de frutos por *A. graveolens* ocurrió a finales del mes de mayo (Fig. 5), cuando los pollos entraban en la etapa de volantones (Fig. 10) mostrando una relación significativa y sincronía de esta etapa con el pico de fructificación de *A. graveolens* ( $R^2 = 0.98$ ,  $F_{1,2} = 88.5$ ,  $P = 0.011$ ; Fig. 11).

Por otro lado, para la temporada reproductiva 2010, la mayoría de los pollos alcanzaron el primer mes de edad durante las primeras semanas de marzo (Fig. 12), periodo en el cual hubo un ligero pico de producción de frutos por *A. graveolens* (Fig. 6), encontrándose una relación positiva con el número de pollos del primer mes de desarrollo y la abundancia de frutos de *A. graveolens* por semana ( $R^2 = 0.65$ ,  $F_{1,6} = 11.4$ ,  $P = 0.015$ ; Fig. 12). Sin embargo, dado la falta de producción de frutos de *A. graveolens* durante el resto de la temporada (Fig. 6), no hubo relación de la abundancia de frutos con la etapa del segundo mes de desarrollo de los pollos o la etapa de volantones. En este año, el pico de fructificación de *A. graveolens* ocurrió a finales de junio (Fig. 6), un mes después de que todos los pollos habían dejado el nido (Fig. 12).

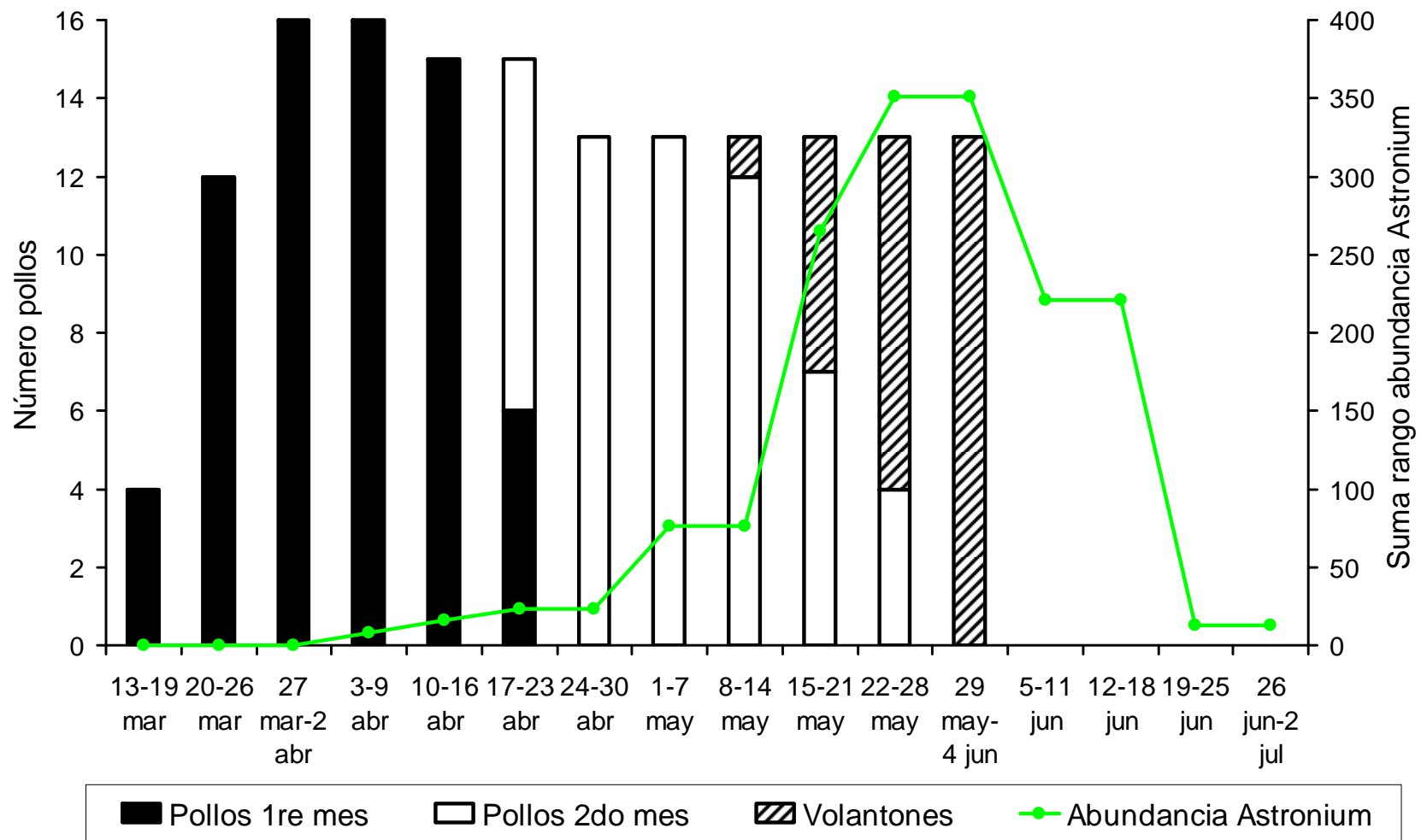


Figura 10. Número de pollos por etapa de desarrollo y producción de frutos de *Astronium graveolens* por semana durante la temporada de anidación del loro corona lila 2009.

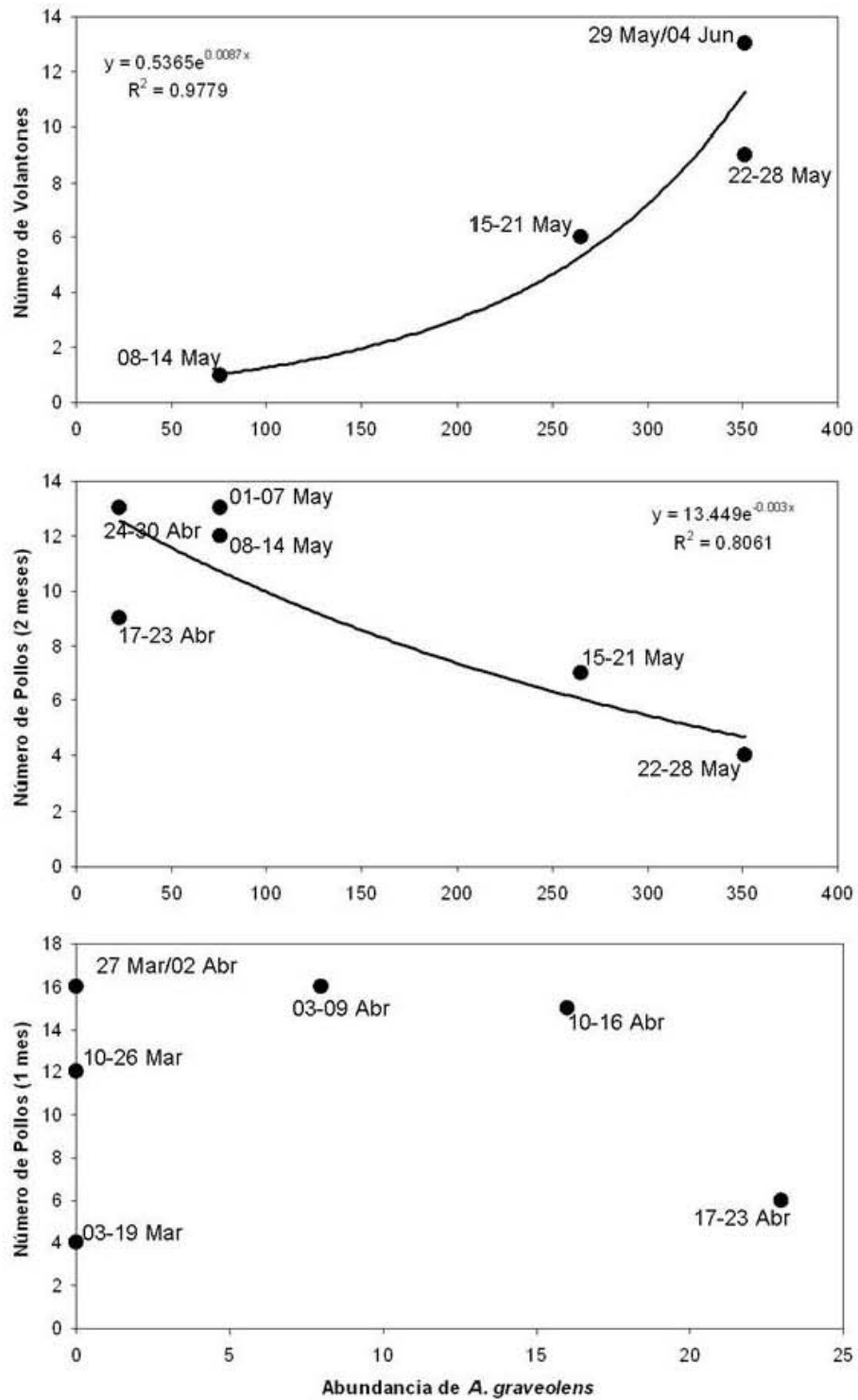


Figura 11. Relación de abundancia de frutos de *A. graveolens* con el número de pollos por semana en cada etapa de desarrollo para la temporada reproductiva de 2009.

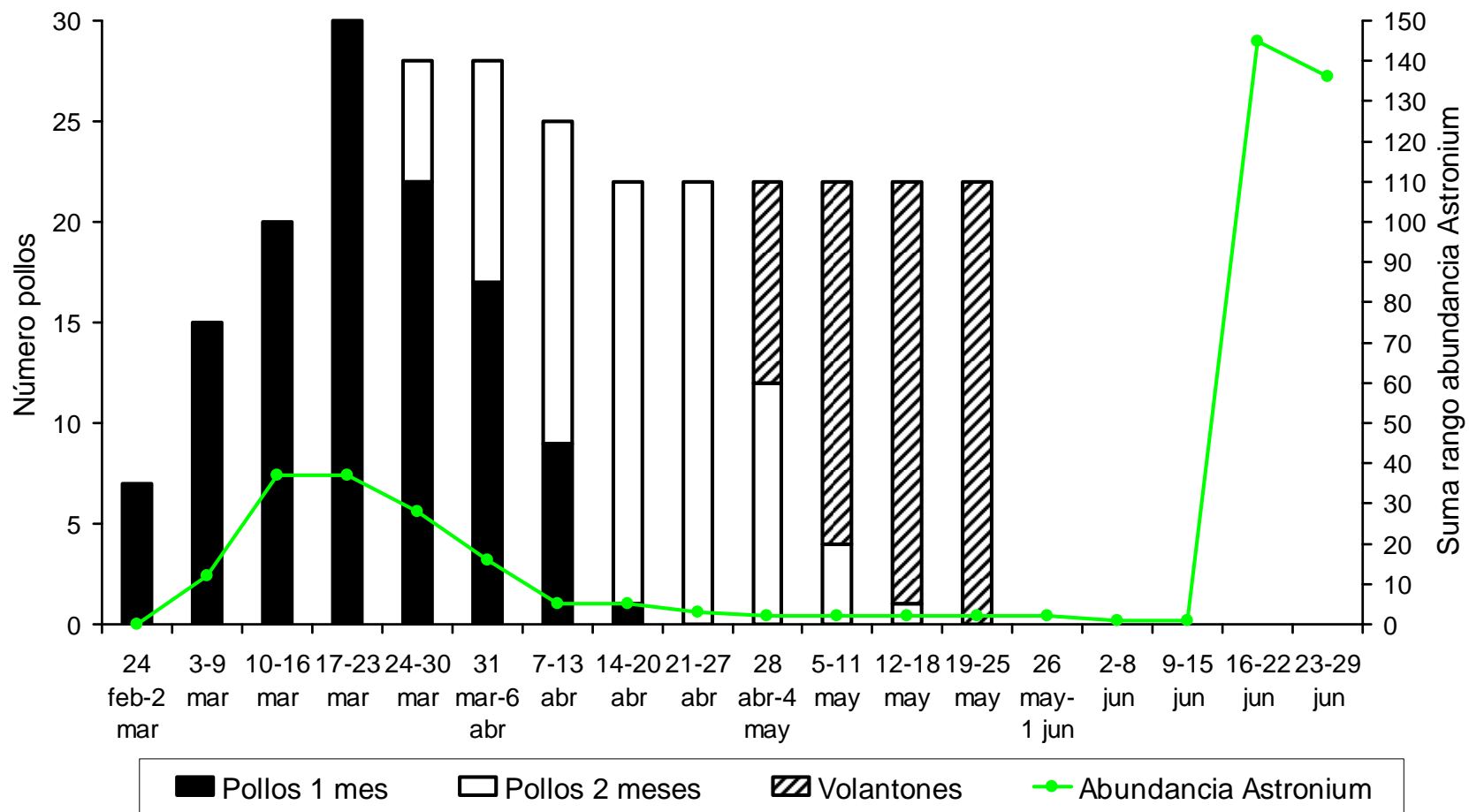


Figura 12. Número de pollos por etapa de desarrollo y producción de frutos de *Astronium graveolens* por fecha cronológica durante la temporada de anidación del loro corona lila 2010.

### 6.5 Dieta de las crías del loro corona lila y contribución de las semillas de *A. graveolens*

Entre abril y mayo de 2009 se tomaron 38 muestras de buche correspondientes a 10 pollos en seis nidos. En las muestras analizadas se encontraron 11 componentes distintos (Fig. 13). Los elementos que consumieron con mayor frecuencia las crías del loro corona lila fueron las semillas de *A. graveolens* y trozos de madera, ocurriendo en 100% de las muestras (Fig. 13). Con relación a la biomasa, las semillas de *A. graveolens* representaron el 73% de la biomasa total consumida por los pollos, mientras cada uno de los otros componentes representaron menos del 10% de la biomasa total de la dieta de los pollos (Fig. 13). También se observó que la proporción de biomasa de *A. graveolens* en las muestras se mantuvo alta, manteniéndose alrededor del 60% de la biomasa de la dieta durante toda la temporada, aunque tiende a incrementarse más hacia finales del periodo de crianza de los pollos en el mes de mayo (Fig. 14). Por lo tanto, las semillas de *A. graveolens* fueron el principal componente por frecuencia y biomasa en la dieta de las crías durante la temporada 2009.

Para la temporada reproductiva 2010, en los meses de marzo a mayo se tomaron 44 muestras de buche correspondientes a 17 pollos en siete nidos. En las muestras analizadas se encontraron 16 componentes distintos (Fig. 15). Las semillas que consumieron con mayor frecuencia fueron *Comocladia engleriana* y *Adelia oaxacana* (64%), seguido por *Acacia sp.* (57%), además de los trozos de madera que ocurrieron en 79.5% de las muestras (Fig. 15). En conjunto, estos componentes representaron el 56% de la biomasa total de la dieta de las crías, aunque individualmente cada componente contribuyó menos del 22% de la biomasa de la dieta (Fig. 15). Los componentes con mayor contribución a la biomasa de la dieta fueron las semillas de *C. engleriana* y *Acacia sp.*, cada especie proporcionó el 22% de la biomasa total de la dieta (Fig. 15). Las semillas de *A. graveolens* ocurrieron en menos de la mitad de las muestras (43.2% frecuencia) y solamente representaron el 11% de la biomasa total de la dieta de los pollos (Fig. 15). A diferencia del año anterior, la proporción de semillas de *A. graveolens* en la biomasa de las muestras de buche declinó marcadamente durante el periodo de crianza de los pollos, comprendiendo



<15% de la biomasa de la dieta a partir de la tercer semana (Fig. 14b).

Los componentes que se repitieron y tuvieron una contribución importante en la dieta de las crías del loro corona lila durante las temporadas reproductivas 2009 y 2010 fueron las semillas de *A. graveolens*, *C. engleriana*, *A. oaxacana* y los trozos de madera (Figs. 13 y 15). Asimismo, la diversidad de especies de plantas con las que se alimentó a las crías varió significativamente entre los dos temporadas reproductivas ( $U_{23, 23} = 178$ ,  $P = 0.05$ ). En promedio, las crías fueron alimentadas con una diversidad de  $3.9 \pm 1.7$  especies de plantas por muestra en 2010, comparado con  $2.8 \pm 1.4$  especies de planta por muestra en 2009. La frecuencia de *A. graveolens* respecto al resto de los componentes entre las temporadas reproductivas varió significativamente ( $\chi^2 = 31.86$ , g. l. = 1,  $P < 0.0001$ ), siendo más frecuente *A. graveolens* en la temporada 2009 que en la temporada 2010.

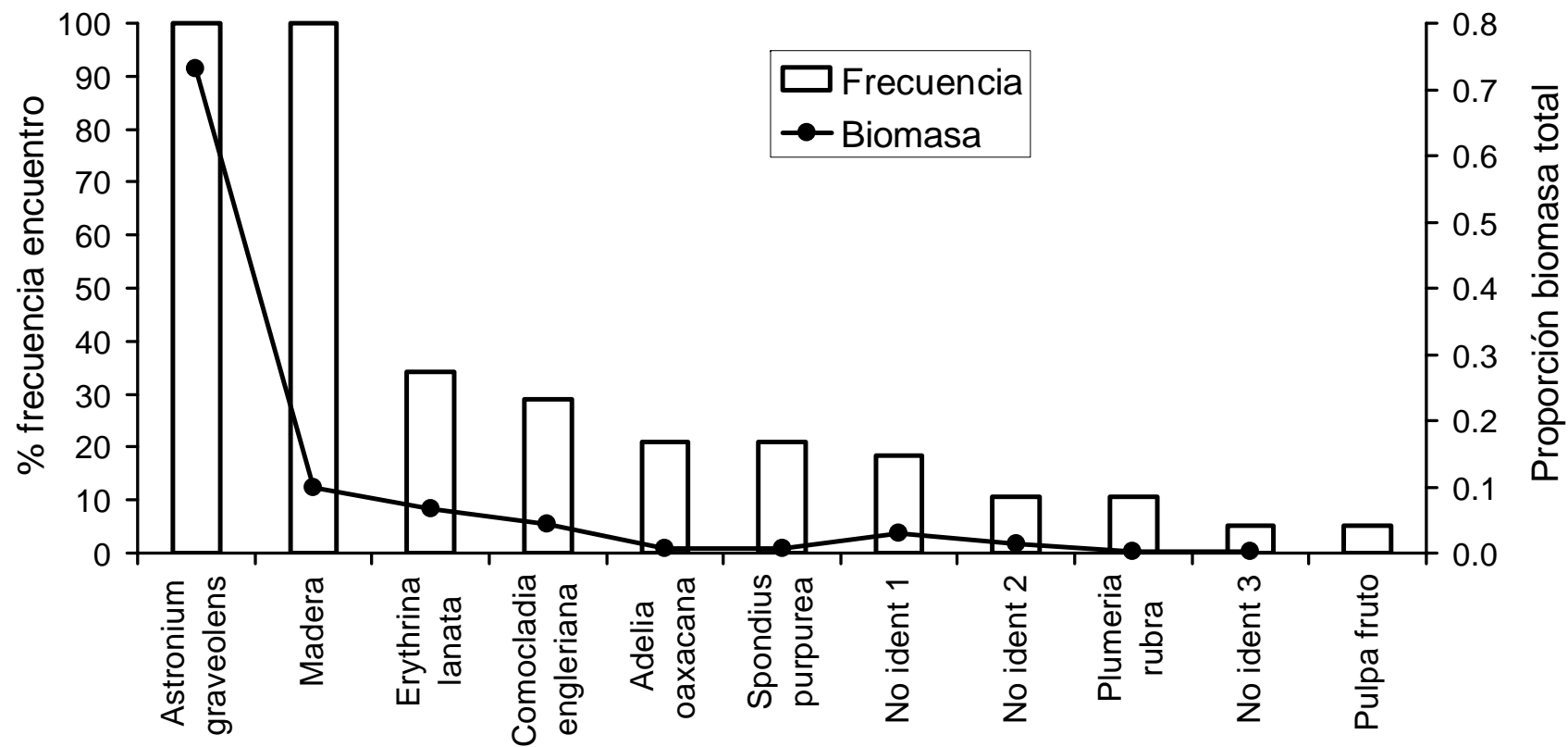


Figura 13. Frecuencia de consumo y proporción de biomasa de los componentes en la dieta de las crías del loro corona lila durante el periodo de crianza de los pollos del 4 abril al 16 mayo 2009

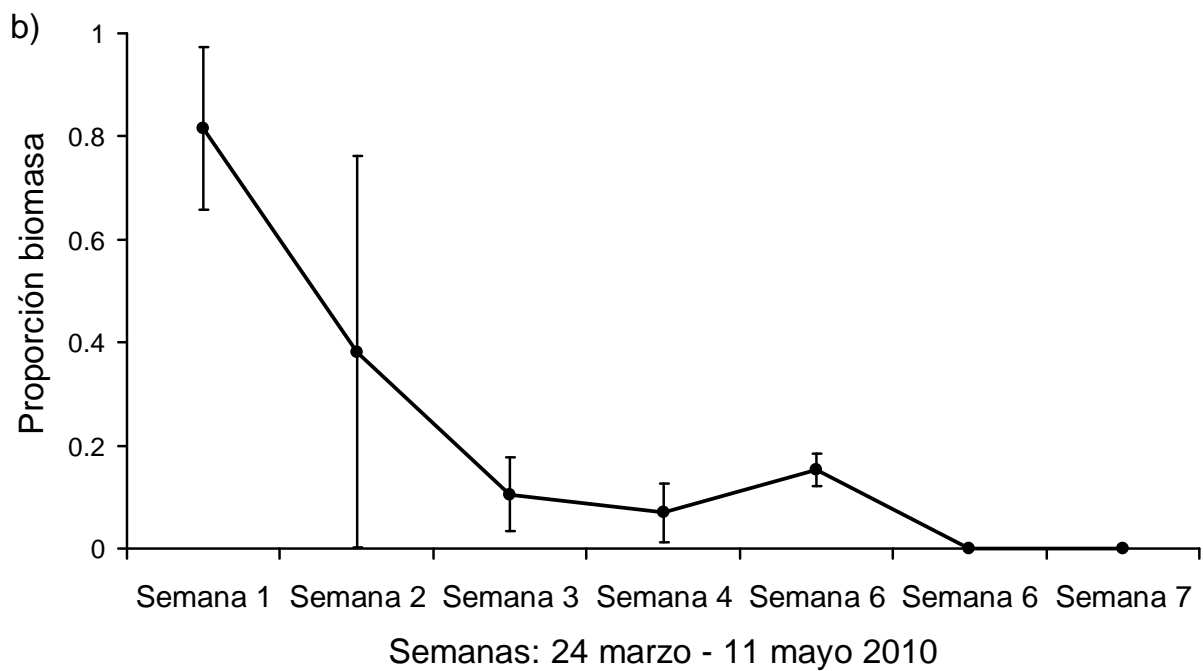
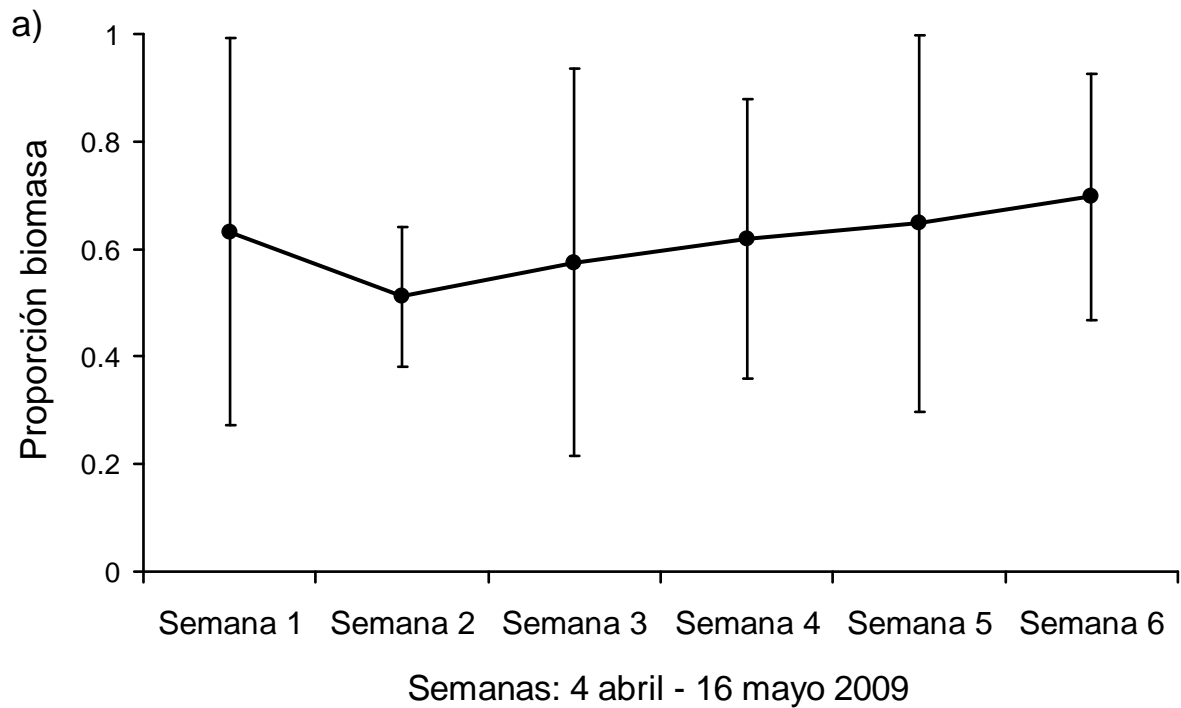


Figura 14. Proporción de biomasa de las semillas de *A. graveolens* en las muestras de buche de las crías del loro corona lila durante la crianza de pollos en a) 2009 (4 abril al 16 mayo) y b) 2010 (24 marzo al 7 mayo).

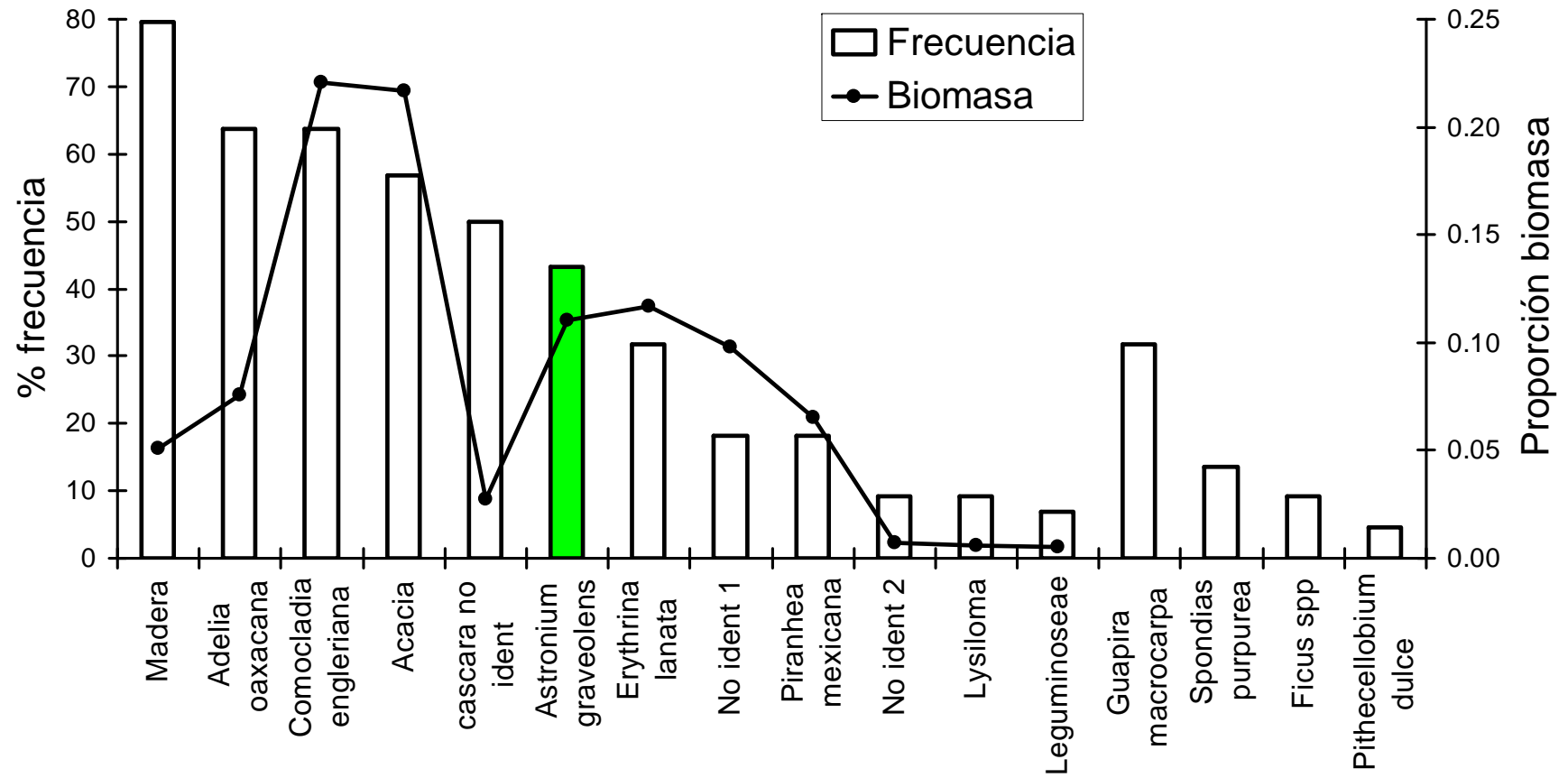


Figura 15. Frecuencia de consumo y proporción de biomasa de los componentes en la dieta de las crías del loro corona lila durante el periodo de crianza de los pollos del 24 marzo al 7 mayo del 2010.

## 6.6 Análisis climático de las temporadas reproductivas de los loros.

El análisis de las temperaturas máximas y mínimas de los meses que abarca la temporada reproductiva de los loros (enero a junio) mostró diferencias significativas. Para la temporada 2009 se observaron diferencias significativas entre la temperatura máxima (Kruskal-Wallis = 40.18,  $P = 0.0001$ ) y mínima (Kruskal-Wallis = 107.7,  $P = 0.001$ ), así como en la temperatura máxima y mínima de la temporada 2010 (máxima: Kruskal-Wallis = 54.7,  $P = 0.001$ ; mínima: Kruskal-Wallis = 90.6,  $P = 0.001$ ) (Fig. 16). Mostrando que durante los meses con temperaturas más elevadas de la época seca (mayo y junio), fue cuando ocurrieron los picos de fructificación de *A. graveolens*.

También se observó que en el 2010, la temperatura máxima del mes de febrero fue más baja, incrementando ligeramente durante los siguientes meses hasta llegar a la temperatura más alta durante el mes de junio. Al comparar las temperaturas máximas y mínimas por día de los meses de enero y febrero, fecha en que comienza la puesta de huevos del loro corona lila, se observó que para la temporada reproductiva 2009 la temperatura mínima promedio del mes de enero fue de 18.5° C siendo más caliente que la del mes de febrero 17° C ( $t = 3.61$ ,  $P = 0.0006$ ; Fig.1a); mientras que en la temperatura máxima no se observaron diferencias significativas ( $t = 0.64$ ,  $P = 0.525$ ; Fig.1a). Asimismo, para la temporada reproductiva 2010, el promedio de la temperatura mínima de los meses de enero y febrero no mostraron diferencias significativas ( $t = 1.16$ ,  $P = 0.248$ ; Fig.1b). Sin embargo, la temperatura máxima del mes de enero presentó un promedio de 32.5° C siendo más caliente que el mes de febrero 29.6° C ( $t = 5.1$ ,  $P < 0.001$ ; Fig.1b).

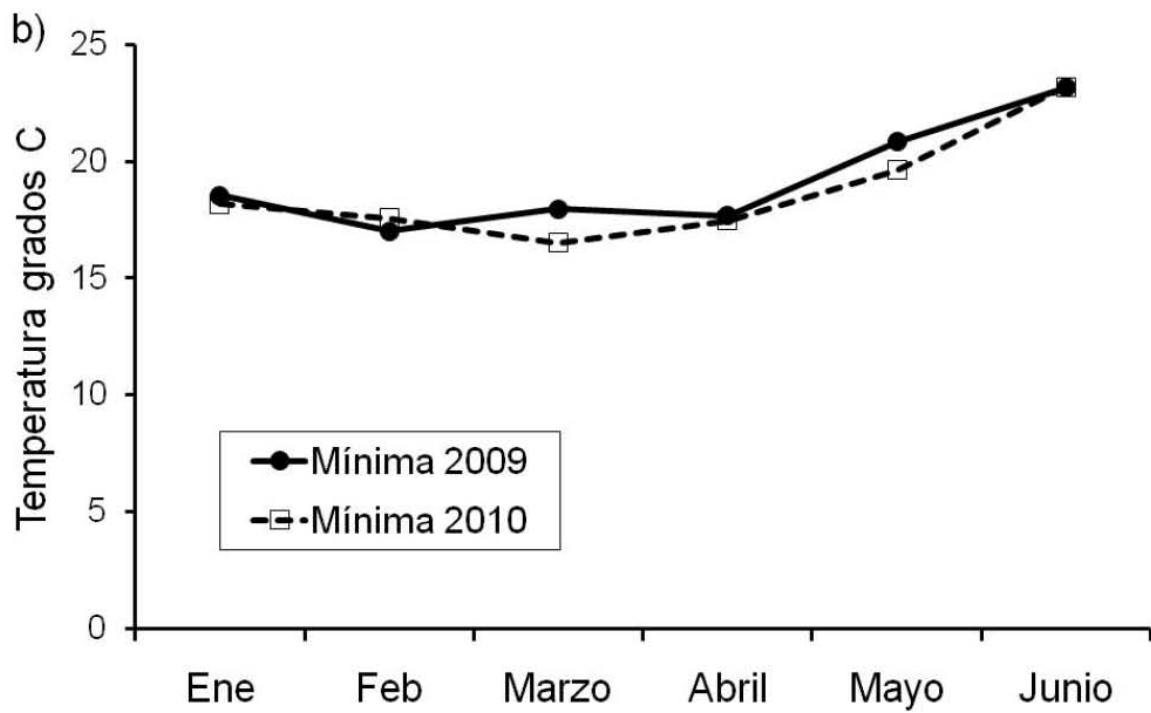
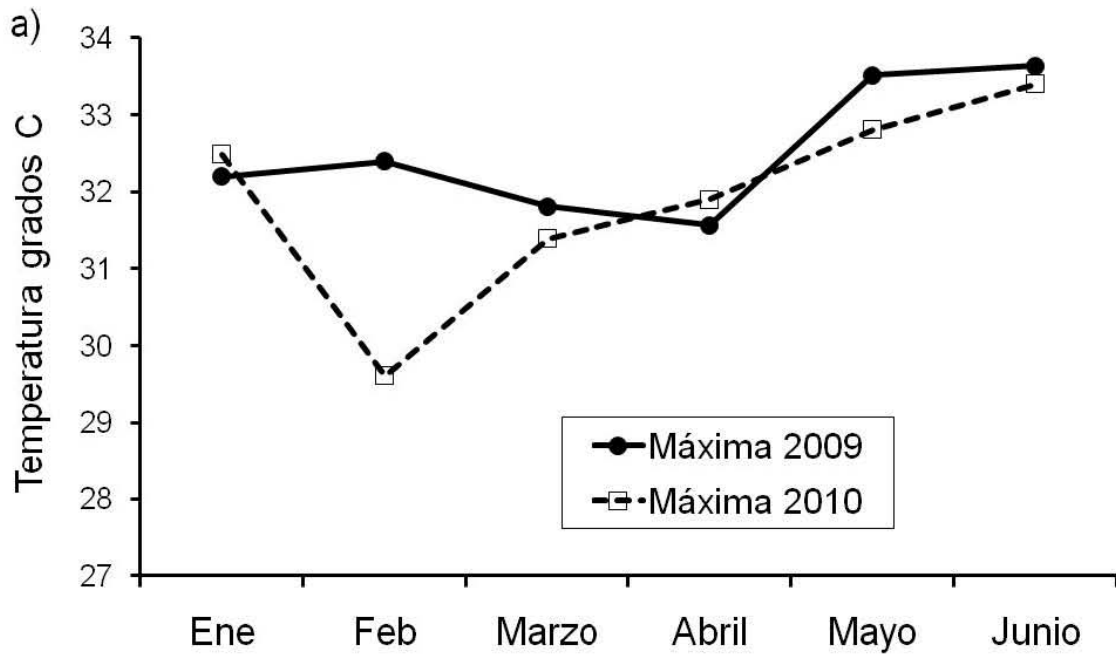


Figura 16. Promedio mensual de temperatura máxima (a) y mínima (b) durante los meses de sequía de enero a junio en 2009 y 2010 (Datos de la Estación de Biología Chamela, IB-UNAM).

Al analizar el índice de El Niño-Oscilación Sur y su efecto sobre la fructificación de *A. graveolens*, se observó que los picos de fructificación de *A. graveolens* en 2009 y 2010 se presentaron durante condiciones normales de El Niño (Fig. 17).

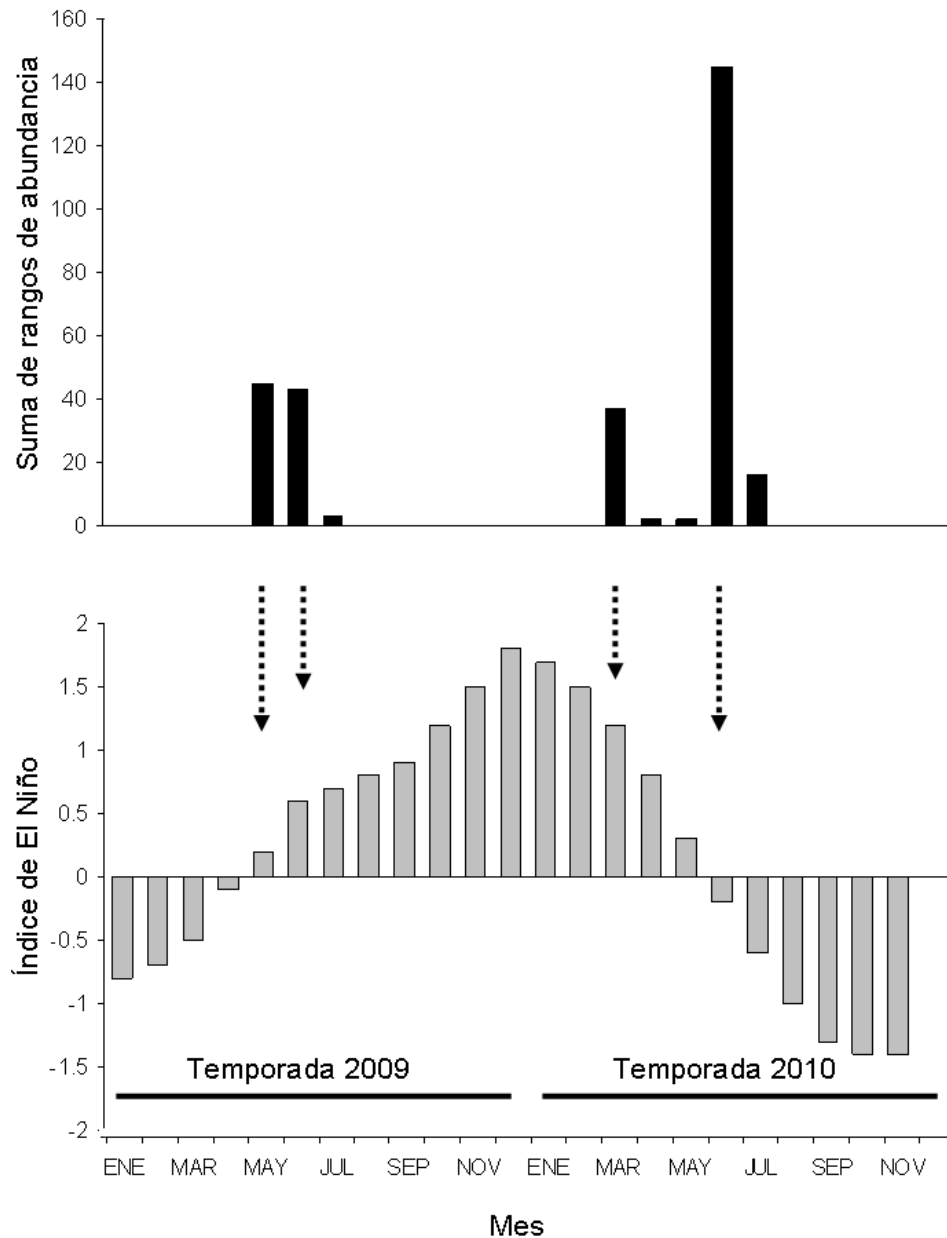


Figura 17. Suma de rango de abundancia de frutos por *A. graveolens* y el índice de los eventos de El Niño Oscilación Sur para las temporadas reproductivas de los loros 2009 y 2010.

## 7. Discusión

### 7.1 Precipitación, disponibilidad de recursos alimenticios y fenología de *A. graveolens*

En este estudio se observó una diferencia en la disponibilidad de recursos alimenticios para el loro corona lila entre las dos temporadas reproductivas como consecuencia de la precipitación inusual que se presentó al inicio de la temporada de sequía en 2010. Estudios anteriores han demostrado que la influencia de El Niño relacionada a la precipitación es la mayor fuerza que controla diversos cambios demográficos así como la disponibilidad de recursos para la reproducción de las aves, particularmente en los ambientes secos (Grant 1985, 1986, Curry y Grant 1989). En el área de estudio se ha observado que la precipitación es afectada por el fenómeno de El Niño (Bullock 1986), lo cual influye en la fenología de las plantas de la región (Bullock y Solis-Magallanes 1990), repercutiendo a su vez en la disponibilidad de recursos alimenticios y la reproducción del loro corona lila (Renton 2001, 2002, Renton-Salinas-Melgoza 2004). En otro estudio con psitácidos, se observó que un aumento en la precipitación por efecto de los eventos de El Niño repercuten en la productividad, fenología de las plantas y la disponibilidad de recursos para el loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*) (Masello y Quillfeldt 2004).

En este estudio la fenología de *A. graveolens* se modificó entre las temporadas reproductivas del loro corona lila, lo cual pudo atribuirse a las variaciones ambientales en el sitio de estudio. Los cambios de temperatura y precipitación acompañado de un cambio en la disponibilidad de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>) en la atmósfera pueden modificar la fenología y el desarrollo normal de las plantas (IPCC 2001). Para los ambientes tropicales con una marcada estacionalidad se ha observado que la precipitación es el principal factor climático que determina la fenología de las plantas (Borchert 1999). Lo cual parece indicar que la precipitación en el mes de febrero durante la temporada reproductiva 2010 pudo haber afectado la fenología de *A. graveolens*. Sin embargo, *A. graveolens* al ser una especie que forma parte del bosque subcaducifolio, las condiciones de humedad se mantienen relativamente constantes y las fluctuaciones de la precipitación no tienen un impacto tan fuerte en su



fenología (Borchert 1999). En este estudio se observó que los picos de fructificación de *A. graveolens* ocurren durante los meses más calientes de la época seca (mayo-junio), por lo cual las fluctuaciones de la temperatura en el sitio de estudio podrían jugar un papel más importante en su fructificación.

## 7.2 Periodo de crianza y sincronía con el pico de producción de frutos de *A. graveolens*.

En la temporada 2009, el pico de fructificación de *A. graveolens* estuvo sincronizado con la crianza de las crías del loro corona lila y los pollos fueron alimentados principalmente con semillas de *A. graveolens*. Para la temporada 2010 no hubo sincronía del pico de fructificación de *A. graveolens* con la crianza de los pollos, sin embargo, los loros diversificaron la dieta debido a una mayor disponibilidad de recursos. Respecto a la sincronía, Lack (1950) propuso que la variación estacional en la disponibilidad de recursos ayuda a la selección de genotipos para producir pollos cerca a los picos de producción de alimento. En 2009, la sincronía de la crianza de las crías del loro corona lila y la selección del loro corona lila por las semillas de *A. graveolens* pudo deberse a la disponibilidad de micronutrientes, así como de calorías y macronutrientes, los cuales pueden jugar un papel importante en la relación entre la temporada reproductiva y la disponibilidad de alimento (Carey 1996). Mediante análisis bromatológicos se encontró que las semillas de *A. graveolens* poseen un alto valor nutricional, siendo ricas en lípidos y proteínas (Gutiérrez-Pérez 2005), nutrientes que son esenciales para el crecimiento de las crías del loro corona lila.

Los resultados de este estudio sugieren que *A. graveolens* puede ser considerado un recurso clave para las crías del loro corona lila, *Astronium graveolens* es una especie que fructifica durante la época seca cuando hay menor disponibilidad de recursos, siendo seleccionada por el loro sobre otras especies de plantas al aparecer con mayor frecuencia y biomasa en la dieta de las crías.

El loro corona lila, parece presentar distintas estrategias de alimentación y utilizar recursos alternativos disponibles en años diferentes. Durante el periodo de crianza de la temporada 2009, el loro corona lila parece seleccionar principalmente *A. graveolens*, sin embargo, en años cuando ocurre una

mayor abundancia de recursos pueden presentar una dieta más diversa. Se ha observado que ante un cambio en la disponibilidad del recurso principal, las especies pueden modificar su dieta y seleccionar otras especies para compensar la dieta original (Estabrook y Dunham 1976). Para el loro corona lila se ha visto que puede consumir las semillas de otra variedad de especies durante la época seca. En particular, las semillas de árboles como *Brosimum alicastrum*, *Piranhea mexicana*, *Erythrina lanata* y *Comocladia engleriana* son especies predominantes en la dieta del loro corona lila durante la época seca (Renton 2001).

En este estudio se observó que las variaciones ambientales impactan la fenología de los árboles en el bosque seco del área de estudio y que pueden ocasionar asincronía del pico de fructificación de *A. graveolens* con la crianza de los pollos del loro corona lila. Por lo cual, el impacto de la variabilidad climática en el bosque seco podría retrasar la fructificación de *A. graveolens* y si no hay otros recursos disponibles, el desfase de *A. graveolens* con la crianza de los pollos podría afectar el éxito reproductivo del loro corona lila.

### 7.3 Perspectivas a futuro de la variabilidad climática

El bosque seco de la región de Chamela-Cuixmala es una interesante opción de estudio para evaluar el impacto de la variabilidad climática sobre una especie planta o animal. Los resultados de este estudio mostraron que el loro corona lila sincroniza el periodo de crianza con el pico de fructificación de *A. graveolens* y que cuando ocurre un año distinto como consecuencia de la variabilidad climática el loro corona lila es flexible y consume lo que está disponible en el ambiente.

Este estudio apoya la hipótesis de que la variabilidad climática es un fuerte controlador exógeno de la reproducción del loro corona lila en el bosque seco. Por otro lado, los últimos modelos climáticos predicen una mayor incidencia de los eventos de El Niño-La Niña (Timmermann et al. 1999), lo que sugiere que las aves que habitan en los bosques secos pueden tener mayor variabilidad en la disponibilidad de recursos alimenticios en un futuro próximo. Por lo tanto, la disponibilidad de recursos

durante la temporada reproductiva y la crianza de los pollos del loro corona lila, podría ser más fluctuante e impredecible entre los años, afectando su viabilidad poblacional.

Para el loro corona lila la situación es todavía más preocupante, debido a que es una especie amenazada, vulnerable a otros impactos como la depredación, el saqueo y la fragmentación de su hábitat. Es necesario el monitoreo a largo plazo para tener un mejor conocimiento de las implicaciones que tienen las fluctuaciones ambientales en la población del loro corona lila y de la fenología de *A. graveolens* el cual parece ser su principal recurso alimenticio durante la temporada reproductiva.

## 8. Conclusiones

### Variación ambiental

- La variación de la precipitación influye sobre la disponibilidad de recursos alimenticios para la crianza de los pollos del loro corona lila.
- Para la temporada reproductiva 2009 se presentó una mayor disponibilidad de recursos alimenticios al final de la temporada reproductiva. Asimismo, la fructificación de *A. graveolens* ocurrió en el mes de mayo, coincidiendo con la crianza de los pollos del loro corona lila.
- Durante la temporada reproductiva 2010 se presentó una alta precipitación atípica en el mes de febrero, lo que ocasionó una mayor disponibilidad de recursos alimenticios al inicio de la temporada. Sin embargo, esto retrasó la fructificación de *A. graveolens*.

### Crianza de los pollos

- Durante la temporada 2009, pudo observarse la importancia de *A. graveolens* para la alimentación de las crías del loro corona lila cuando hay pocos recursos disponibles. Durante esta temporada se presentó sincronía de la fructificación de *A. graveolens* con la crianza de los pollos.
- En la temporada 2010, hubo mayor diversidad en la dieta de las crías del loro corona lila con una baja contribución de *A. graveolens*. Asimismo, se presentó asincronía de la fructificación de *A. graveolens* con la crianza de los pollos.
- La variabilidad climática podría influir en la sincronía de la fructificación de *A. graveolens* con la crianza de los pollos del loro corona lila afectando su reproducción. Asimismo, otros factores como la depredación y la fragmentación son aspectos importantes que pueden influir sobre el éxito reproductivo del loro corona lila en el bosque seco.

## 9. Literatura citada

- Beebee, T. J. C. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* 374: 219–220.
- Boersma, P. D. 1998. Population trends of the Galapagos penguin: impacts of El Niño and La Niña. *The Condor* 100: 245-253.
- Boat, P.T. y Grant, P. R. 1984. Darwin's finches (*Geospiza*) on Isla Daphne Major, Galapagos: Breeding and feeding ecology in a climatically variable environment. *Ecological Monographs* 54: 463-489.
- Bock, C. E. y Lepthien, L. W. 1976. Synchronous eruptions of boreal seed-eating birds. *American Naturalist* 110: 559–571.
- Bolger, D. T., Patten, M. A. y Bostock, D. C. 2005. Avian reproductive failure in response to an extreme climatic event. *Oecologia* 142: 398–406.
- Both, C. y Visser, M. E. 2005. The effect of climate change on the correlation between avian life history traits. *Global Change Biology* 11: 1606–1613.
- Both, C., Bouwhuis, S., Lesells, C. M. y Visser, M. E. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441: 81-83.
- Borchert, R. 1999. Climatic periodicity, phenology, and cambium activity in tropical dry forest trees. *IAWA Journal* 20: 239-247.
- Brown, J.L., Li, S.H. y Bhagabati, N. 1999. Long-term trend toward earlier breeding in an American bird: A response to global warming? *Proceedings of the National Academic of Science USA* 96: 5565-5569.
- Bryant, D. M. 1975. Breeding biology of House Martins, *Delichon urbica*, in relation to aerial insect abundance. *Ibis* 117:180-216.
- Bullock, S. H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Archives of Meteorology, Geophysics and Bioclimatology* 36: 297-316.

- Bullock, S. H. y Solis-Magallanes, J. A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22: 22-35.
- Carey, C. 1996. Female reproductive energetics. In *Avian energetics and nutritional ecology* (ed. C. Carey), pp. 324–374. New York, NY: Chapman and Hall.
- Carey, C. 2009. The impacts of climate change on the annual cycles of birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364: 3321-3330.
- Chapman, C. A., Chapman, L. J., Wrangham, R., Hunt, K., Gebo, D. y Gardner, L. 1992. Estimators of fruit abundance of tropical trees. *Biotropica* 24: 527-531.
- Chapman, C. A., Wrangham R. y Chapman, L. J. 1994. Indices of habitat-wide fruit abundance in tropical forests. *Biotropica* 26: 160-171.
- Christman, B. J. 2002. Extreme between-year variation in productivity of a Bridled Titmouse (*Baeolophus wollweberi*) population. *Auk* 119: 1149-1154.
- Collar, N. J. y Juniper, A. T. 1991. Dimensions and causes of the parrot conservation crisis. Pp 1–24 en *New World Parrots in Crisis: Solutions from Conservation Biology* (S. R. Beissinger y N. F. R. Snyder, Eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Crick, P. Q. H. 2004. The impact of climate change in birds. *Ibis* 146: 48-56.
- Crick, P. Q. H., Dudley, C., Glue, E. D. y Thomson, D. L. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- Cucco, M. y Malacarne, G. 1996. Reproduction of the pallid swift (*Apus pallidus*) in relation to weather and aerial insect abundance. *Italian Journal of Zoology* 63: 247- 253.
- Curry, L. B. y Grant, R. P. 1989. Demography of the cooperatively breeding Galapagos Mockingbird, *Nesomimus parvulus*, in a climatically variable environment. *Journal of Animal Ecology* 58: 441-463.
- Dann, S., Dijkstra, C. y Tinbergen, J. M. 1990. Family planning in the kestrel (*Falco tinnunculus*): the ultimate control of covariance of laying date and clutch size. *Behaviour* 114: 83-116.

- Dawson, A. 2006. Timing is everything: Birds find it difficult to change their breeding seasons in response to climate change. Planet Earth Autum. www. Nerc. Ac.Uk.
- De Steven, D. 1978. The influence of age on the breeding biology of the Tree Swallow (*Iridoprocne bicolor*). *Ibis* 120:516-523.
- Dickey, M. H., Gauthier, G. y Cadieux, M. C. 2008. Climatic effects on the breeding phenology and reproductive success of an arctic-nesting goose species. *Global Change Biology* 14: 1973–1985.
- Donahue, P.K. y Wood, T. M. 1995. A safe, flexible, and non-injurious technique for climbing tall trees. *Selbyana* 16: 196-200.
- Dunn, P.O. y Winkler, D. W. 1999. Climate change affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proceedings of the Royal Society of London B* 266: 2487- 2490.
- Durant, J. M., Anker-Nilssen, T. y Stenseth, N. C. 2003. Trophic interactions under climate fluctuations: the Atlantic puffin as an example. *Proceedings of The Royal Society B* 270: 1461–1466.
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R. y Mearns, L. O. 2000. Climate extremes: observations, modellings, and impacts. *Science* 289: 2068-2074.
- Enkerlin-Hoeflich, E. C., Packard, J. M. y Gonzalez-Elizondo, J. J. 1999. Safe field techniques for nest inspections and nestling crop sampling of parrots. *Journal of Field Ornithology* 70:8-17.
- Estabrook, G. F. y Dunham, A. E. 1976. Optimal diet as a function of absolute abundance, relative abundance and relative value of available prey. *American Naturalist* 110: 401-413.
- Forshaw, J. M. 1989. Parrots of the world. 3<sup>rd</sup> ed. Lansdowne Editions, Australia. 615pp.
- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de las características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- Gibbs, L. H. y Grant, R. P. 1987. Ecological consequences of an exceptionally strong El Niño event on Darwin's finches. *Ecology* 68: 1735-1746.

- González-Elizondo, J.J. 1992. Productividad, causas de mortalidad en nidos y dieta de los polluelos de tres especies de loro del género *Amazona* en el sur de Tamaulipas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad del Noroeste, Tampico, México.
- Grant, P. R. 1986. Ecology and evolution of Darwin's finches. Princeton University Press, Princeton.
- Grant, P. R. 1985. Climatic fluctuations on the Galapagos Islands and their influence on Darwin's finches. *Ornithological Monographs* 36: 471-483.
- Gutiérrez Pérez, A. 2005. Disponibilidad y calidad nutritiva de recursos y su relación con la dieta de las crías del loro corona lila (*Amazona finsch*) en un bosque seco tropical caducifolio. Tesis de Maestría. UNAM, México.
- Gutiérrez, J. R. y Meserve, P. L. 2003. El Niño effects on soil seed bank dynamics in north-central Chile. *Oecologia* 134:511–517.
- Harvey, P. H., Greenwood, P. J., Perrins, C. M. y Martin., A. R. 1979. Breeding success of Great Tits *Parus major* in relation to age of male and female parent. *Ibis* 121: 217-219.
- Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., Gutiérrez, J. R. y Mohren, G. M. J. 2001. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 89-94.
- IUCN. 2007. IUCN Red List of Threatened Species. (<http://www.iucnredlist.org/>). Acceso 28 febrero 2008.
- IPCC. 2001. Cambio climático 2001. La base científica. Tercer Informe de Evaluación, Contribución del Grupo de trabajo al Tercer informe de evaluación del IPCC 2001.
- IPCC, Intergovernmental Pannel on Climate Change. 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. Summary for policymakers – A report of working group II of the Intergovernmental Pannel on Climate Change. IPCC, Génova, Suiza.
- Jenouvrier, S., Barbraud C. y Weimerskirch, H. 2003. Effects of climate variability on the temporal population dynamics of southern fulmars. *Journal of Animal Ecology* 72: 576-587.



- Konarzewsky, M. y Taylor, J. R. 1989. The influence of weather conditions on growth of little auk *Alle alle* chicks. *Ornis Scandinavica* 20: 112-116.
- Lack, D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford: Clarendon Press.
- Leith, H. 1976. Phenology and seasonality modeling. Springer, New York, pp. 369, 401.
- Lehikoinen, E., Sparks, T. H. y Zalakevicius, M. 2004. Arrival and departure dates. *Advances in Ecology Research* 35: 1-3.
- Li, S. H. y Brown., J. L. 1999. Influence of climate on reproductive success in Mexican Jays. *Auk* 116: 924-936.
- Lott, E. J. 1993. Annotated checklist of the vascular flora of the Chamela Bay region, Jalisco, Mexico. *Occasional Papers of the California Academy of Science* 148: 1-60.
- Lott, E. J., Bullock, S. H. y Solis-Magallanes, J. A. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. *Biotropica* 19: 228-235.
- Masello, J. F. y Quillfeldt., P. 2004. Consequences of La Niña phase of ENSO for the survival and growth of nestling Burrowing Parrots on the Atlantic coast of South America. *Emu* 104: 337-346.
- McCarty, J. P. y Winkler, D. W. 1999. Relative importance of environmental variables in determining the growth of nestling Tree Swallows *Tachycineta bicolor*. *Ibis* 141: 286-296.
- Morrison, S. A., Bolger, D. T. 2000. Variation in a sparrow's reproductive success with rainfall: food and predator mediated processes. *Oecologia* 133:315-324.
- National Wildlife Federation/American Bird Conservancy (NWF/ABC 2002). A bird watcher's guide to global warming.
- Ottersen, G., Planque, B., Belgrano, A., Post, E., Reid, P. C. y Stenseth, N. C. 2001. Ecological effects of the North Atlantic Oscillation. *Oecologia* 128: 1-14.
- Parmesan, C., Root, T. L. y Willig, M. R. 2000. Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota. *Bulletin of the American Meteorological Society* 81: 443-450.

- Pendlebury C. J., MacLeod, M. G. y Bryant., D. M. 2004. Variation in temperature increases the cost of living in birds. *Journal of Experimental Biology* 207: 2065.
- Pennington, T.D. y Sarukhán., J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3ª ed. UNAM–FCE. México, D. F. 523 p.
- Perrins, C. M. 1970. The timing of birds breeding seasons. *Ibis* 242-255.
- Perrins, C. y T. Birkhead. 1983. Avian Ecology. Blackie, Londres.
- Perry, D. R. 1978. A method of access into the crowns of emergent and canopy trees. *Biotropica* 10: 155-157.
- Perry, D. R. y Williams., J. 1981. The tropical rain forest canopy: a method providing total access. *Biotropica* 13: 283-285.
- Réale, D., McAdam, A. G., Boutin, S. y Berteaux, D. 2003. Genetic and plastic responses of a northern mammal to climate change. *Proceedings of the Royal Society B* 270: 591–596.
- Reed, E. T., Wanless, S., Harris, M. P., Frederiksen, M., Kruuk, L. E. B. y Cunningham, E. J. A. 2006. Responding to environmental change: plastic responses vary little in a synchronously breeder. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 2713-2719.
- Renton, K. 1998. Reproductive ecology and conservation of the Lilac-crowned parrot (*Amazona finschi*) in Jalisco, Mexico. Tesis Doctoral. University of Kent, Canterbury, Inglaterra.
- Renton, K. 2001. Lilac-crowned parrot diet and food resource availability: resource tracking by a parrot seed predator. *Condor* 103: 62-69.
- Renton, K. 2002. Influence of environmental variability on the growth of Lilac-crowned parrot nestlings. *Ibis* 144: 331-339.
- Renton, K. y A. Salinas-Melgoza. 1999. Nesting behavior of the Lilac-crowned Parrot. *Wilson Bulletin* 111: 488-493.

- Renton, K. y A. Salinas-Melgoza. 2004. Climatic variability, nest predation, and reproductive output of Lilac-crowned Parrots (*Amazona finschi*) in tropical dry forest of western Mexico. *Auk* 121: 1214-1225.
- Ricklefs, R. E. 1967. A graphical method of fitting equations to growth curves. *Ecology* 48: 978-983.
- Ricklefs, R. E. 1983. Avian postnatal development, in D. S. Farner, J. R. King, and K. C. Parkes (eds.), *Avian biology*, Vol. III, pp. 2-83. Academic Press, New York.
- Ross, H. A. 1980. Growth of nestling Ipswich Sparrow in relation to season, habitat, brood size, and parental age. *Auk* 97:721-732.
- Royama, T. 1966. Factors governing feeding rate, food requirement and brood size of nestling Great Tits *Parus major*. *Ibis* 108:313-347.
- Rzedowsky, J. 1994. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432pp.
- Sanz, J. J. 2003. Large-scale effect of climate change on breeding parameters of pied flycatchers in Western Europe. *Ecography* 26: 45-50.
- Saunders, D.A. 1986. Breeding season, nesting success and nestling growth in Carnaby's Cockatoo, *Calyptorhynchus funereus latirostris*, over 16 years at Coomallo Creek, and a method for assessing the viability of populations in other areas. *Australian Wildlife Research* 13: 261-273.
- Snyder, N. F. R., McGowan, P., Gillardi, J. y Grajal, A. 2000. Parrots. Status, survey and conservation Action Plan 2000-2004. IUCN The World Conservation Union. Oxford, UK.
- Sparks, T. y Crick, H. 1999. The times they are a- changing. *Bird Conservation International* 9: 1-7.
- Stiles, F. G. 1980. The annual cycles in a tropical wet forest hummingbird community. *Ibis* 122: 322-343.
- Thomas, D.W., Blondel, J., Perret, P., Lambrechts, M. M. y Speakman, J. R. 2001. Energetic and fitness cost of mismatching resource supply and demand in seasonally breeding birds. *Science* 291: 2598-2600.

- Timmerman, A., Oberhuber, J., Bacher, A., Esch, M. y Roeckner, E. 1999. Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature* 398 694-696.
- Van de Pol, M., Vindenes, Y., Saether, B. E., Engen, S., Ens, B. J., Oosterbeek, K. y Tinbergen, J M. 2010. Effects of climate change and variability on population dynamics in a long-lived shorebird. *Ecology* 91: 1192–1204.
- Verhulst, S. y Tinbergen, J M. 2001. Variation in food supply, time of breeding, and energy expenditure in birds. *Science* 294: 19.
- Villers-Ruiz, L. y Trejo-Vázquez, I. 1997. Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico. *Climate Research* 9: 87-93.
- Villers-Ruiz, L. y Trejo-Vázquez, I. 1998. Climate change on Mexican forests and natural protected areas. *Global Environmental Change* 8: 141-157.
- Visser, M. E. y Both, C. 2005. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society of London B* 272: 2561–2569.
- Visser, M. E., Holleman, L. J. M. y Gienapp, P. 2006. Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. *Oecologia* 147: 164–172.
- Visser, M. E, Noordwijk, A. J. V., Tinbergen, J. M. y Lessells, C. M. 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Society of London B* 268: 289-294.
- Weatherhead, P. J. 2005. Effects of climate variation on timing of nesting, reproductive success and offspring sex ratios of red-winged blackbirds. *Oecologia* 144: 168-175.
- Wingfield, J. C., Ramos-Fernández, G., Nuñez-de la Mora, A. y Drummond, H. 1999. The effects of an El Niño Southern Oscillation event on reproduction in male and female blue-footed boobies, *Sula nebouxi*. *General and Comparative Endocrinology* 114: 163–172

- Wingfield, J. C. y Kenagy, G. J. 1991. Natural regulation of reproductive cycles. *In* Vertebrate Endocrinology: Fundamentals and Biomedical Implications (M. Schreibman and R. E. Jones, Eds.), Vol. 4, Part B, pp. 181–241. Academic Press, New York.
- Wolfe, J. D. y Ralph, C. J. 2009. Correlations between El Niño Southern Oscillation and changes in nearctic-neotropic migrant condition in Central America. *Auk* 126: 809–814.
- Wright, S. J., Carrasco, C., Calderón, O. y Paton, S. 1999. The El Niño southern oscillation, variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology* 80: 1632-1647.