

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**RELACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE FRUTOS DE LAS PLANTAS
NUTRICIAS DEL QUETZAL (*Pharomachrus mocinno mocinno* de la Llave) CON
LOS MOVIMIENTOS ALTITUDINALES DE QUETZALES EN EL GRADIENTE
DE ELEVACIÓN DEL BIOTOPO DEL QUETZAL.**

MICHELLE BUSTAMANTE CASTILLO

BIÓLOGA

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**RELACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE FRUTOS DE LAS PLANTAS
NUTRICIAS DEL QUETZAL (*Pharomachrus mocinno mocinno* de la Llave) CON
LOS MOVIMIENTOS ALTITUDINALES DEL QUETZAL EN EL GRADIENTE
DE ELEVACIÓN DEL BIOTOPO DEL QUETZAL.**

MICHELLE BUSTAMANTE CASTILLO

BIÓLOGA

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2012

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y
FARMACIA**

Óscar Manuel Cóbar Pinto, Ph. D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto	Secretario
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. Fausto René Beber García	Vocal IV
Br. Carlos Francisco Porras López	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

A mi amada madrecita, Elsa Castillo, por ser la persona más hermosa, sabia, cariñosa e inspiradora que conozco. Gracias mamita por siempre apoyarme y aconsejarme.

**A mi hermanita Nadeshda.
Kukita te extraño todos los días y te llevo siempre en mi corazón.**

A mis mejores amigas y amadas hermanas, Dania, Lissa y Bárbara.

A mi amado canchito, Manuel Barrios.

A mis sobrinitos, Herbert, Fernando, Alexander y Martín.

Y a Victoria Ríos y Luisa Ranchos, por su linda amistad a lo largo de todos estos años.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Pedro Pardo por contribuir en la ubicación, identificación y marcaje de las especies vegetales en estudio.

Al los Biólogos Manuel Barrios Izás, Diego Juárez Sánchez, Victoria Ríos Gálvez, Bianca Bosarreyes Leja, Luisa Ranchos Monterroso, Diego Elías y Liza García Recinos por su gran colaboración en la toma de datos en campo.

A los Biólogos Rosario Rodas y Jorge Jiménez por contribuir a la identificación de los especímenes botánicos colectados.

A la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el apoyo financiero concedido para la realización de esta investigación.

Al Lic. Claudio Méndez, por su gran colaboración en la revisión de esta tesis.

A Don Filiberto Herrera, Guardarecursos del Biotopo del Quetzal, por su contribución en la identificación y marcaje de los especímenes botánicos y su gran colaboración en diversas actividades de campo.

A los guardarecursos del Biotopo del Quetzal, en especial a Don Matías Xol Quej, Don Pedro Tení Caal, Don Isaías Ayu Juc, Don Oscar René Xicol y Don Abundio López por su apoyo durante la toma de datos en campo.

A la Licda. Mercedes Barrios por su apoyo durante la ejecución de esta investigación.

A la Licda. Mayra Oliva, Directora del Biotopo del Quetzal, por su apoyo a la investigación.

INDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	2
3. ANTECEDENTES	
3.1 Historia Natural del quetzal	
3.1.1 Evolución de los Trogones	3
3.1.2 Ecología del quetzal	5
3.1.3 Comportamiento reproductivo	6
3.2 Estado de conservación	6
3.3 Los ciclos fenológicos y su efecto sobre la migración de las aves	7
4. JUSTIFICACION	9
5. OBJETIVOS	
5.1 General	11
5.2 Específicos	11
6. HIPOTESIS	12
7. MATERIALES Y METODOS	
7.1 Área de estudio	13
7.2. Métodos	
7.2.1 Determinación de la abundancia relativa de quetzales a lo largo del gradiente de elevación del Biotopo del Quetzal	14
7.2.2 Fenología de las plantas nutricias del quetzal	17
7.3. Análisis de datos	18
8. RESULTADOS	19
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
10. CONCLUSIONES	49
11. RECOMENDACIONES	50
12. REFERENCIAS	51
13. ANEXOS	54

1. RESUMEN

Algunos autores han descrito movimientos altitudinales de quetzales a lo largo del ciclo anual. Estos movimientos se realizan desde sitios de anidación ubicados en las partes altas de su hábitat, desde 2,500 msnm, hacia sitios a menor altitud, por debajo de los 1,000 msnm, en los que permanecen por varios meses. Los factores que influyen estos movimientos no se conocen con precisión, sin embargo, varios autores sugieren que están asociados a cambios de disponibilidad de frutos de los que se alimentan. El presente estudio tuvo como objetivo determinar si los movimientos altitudinales de los quetzales a lo largo del gradiente de elevación del Biotopo del Quetzal se relacionan con los cambios de disponibilidad de frutos de las plantas nutricias de los quetzales. Para lo cual, se llevó a cabo la medición de la frecuencia de avistamientos de quetzales a lo largo del gradiente de elevación del Biotopo y de la disponibilidad de frutos de 19 de sus especies nutricias sobre seis transectos distribuidos a lo largo del gradiente de elevación (1680 msnm-2290 msnm), durante 12 meses.

En relación a la fenología y disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del Quetzal se identificó una temporada de alta producción de frutos que coincidió con la temporada lluviosa y una de baja producción que coincidió con la temporada seca. Los resultados muestran que la disponibilidad de frutos suele ser ligeramente mayor en el nivel superior (2,120 msnm-2,290 msnm) la mayor parte del año. Sin embargo, la dinámica de producción de frutos ocurre de forma sincrónica entre los niveles altitudinales. También se pudo apreciar que los meses en los que se registró mayor abundancia relativa de quetzales y mayor disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias, coincidieron con la época reproductiva de la especie. Esto apoya la idea de que el ciclo reproductivo de la especie esta asociado con la disponibilidad de frutos de las plantas de las que se alimenta.

En conclusión, los resultados sugieren cierta relación entre los cambios de abundancia de quetzales y las fluctuaciones en la disponibilidad de frutos a lo largo del gradiente. Sin embargo, no son concluyentes por lo que será necesario obtener más información sobre la distribución espaciotemporal del alimento tomando en cuenta hábitats reproductivos y de migración del Quetzal, estudiando la mayor cantidad de especies nutricias posibles.

2. INTRODUCCION

El Quetzal (*Pharomachrus mocinno* de la Llave, 1832) es una especie endémica mesoamericana que se distribuye desde el sureste de México hasta el noreste de Panamá (Solórzano & Oyama, 2010, p.357). En Guatemala la especie es importante a nivel ecológico por su papel como dispersora de semillas de árboles característicos del bosque nuboso (Paiz, 1996, p.14; Wheelwright, 1983, p.299). Económica y culturalmente es importante pues es uno de los principales atractivos ecoturísticos del país y es el símbolo nacional con el que la mayoría de los guatemaltecos se identifica (Paiz 1996, p.14). A nivel mundial está catalogada como cerca de estar amenazada (UICN, 2010) y la principal amenaza la constituye la pérdida de su hábitat (Solórzano & Oyama, 2010, p.367; Paíz 1996, p.14; Powell & Bjork, 1994, p.163).

Algunos autores han descrito movimientos altitudinales de las poblaciones de quetzales a lo largo del ciclo anual (Paiz, 1996, p.41; Powell & Bjork, 1994, p.166). Estos movimientos implican desplazamientos desde sitios por arriba de los 1800 msnm hacia sitios por debajo de los 900 msnm, en los que la mayoría de los individuos de una población suelen permanecer por varios meses (Paiz, 1996, p.41; Powell & Bjork, 1994, p.166). A pesar de que no se conocen con precisión los factores que determinan dichos movimientos, varios autores sugieren que están asociados con cambios en la disponibilidad de frutos de las plantas de las que se alimentan (Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000, p.527; Wheelwright, 1983, p.297).

El presente estudio tuvo como objetivo determinar si los movimientos altitudinales de los quetzales a lo largo del gradiente de elevación del Biotopo del Quetzal se relacionan con la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias de los quetzales. Para lo cual, se llevó a cabo el monitoreo de la abundancia relativa de quetzales y de la disponibilidad de frutos de 19 de sus especies nutricias sobre varios transectos distribuidos a lo largo del gradiente de elevación, durante 12 meses.

3. ANTECEDENTES

3.1 Historia Natural del Quetzal

3.1.1 Evolución de los Trogones

El Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) fue descrito por primera vez por Pablo de la Llave a partir de un espécimen colectado durante la Real Expedición a la Nueva España (1787-1803) (Solorzano & Oyama, 2010, p.358). El epíteto específico fue dedicado al naturalista mexicano José Mariano Mociño, quien tuvo una valiosa contribución a la expedición; mientras el género está dedicado a sus características físicas (del griego pharos= manto y makros= largo).

El género *Pharomachrus* pertenece a la familia Trogonidae, la cual comprende siete géneros y 42 especies distribuidas en el neotrópico, sudeste de Arizona, México, sur de África, sudeste de Asia, Malasia y las Filipinas; la mayor riqueza de trogones se encuentra en el nuevo mundo (Harshman, 2008). Los géneros del viejo mundo comprenden a *Harpactes*, *Apaloderma* y *Aphalarpactes* y entre los géneros del nuevo mundo se encuentran *Priotelus*, *Trogon*, *Pharomachrus* y *Eupitolis* (Hackett, y otros, 2008, p.1767).

El orden Trogoniformes posee únicamente a la familia Trogonidae y se considera que es un orden parafilético que se encuentra estrechamente relacionado con los órdenes Coraciiformes, Piciformes, Bucerotiformes y la familia Leptosomatidae (Hackett, y otros, 2008) y se estima que se diversificaron en el paleoceno-eoceno (Ericson, y otros, 2006). A nivel genérico, a excepción de *Aphalarpactes*, la monofilia de los grupos se ha demostrado y así mismo se establece que los géneros del nuevo mundo constituyen un grupo monofilético y son el clado hermano de los trogones Asiáticos y se establece que los trogones Africanos constituyen el grupo el clado basal (Johansson & Ericson, 2004, p.175; (Espinosa de Los Monteros, 1998, p.950).

La distribución de los quetzales (*Pharomachrus mocinno*) se restringe a los ecosistemas de montaña con bosque nuboso de mesoamérica, desde el sudeste de México hasta el oeste de Panamá (Skutch, 1944, p.215). Se han reconocido dos subespecies, *Ph. mocinno mocinno* y *Ph. mocinno costaricensis*, la primera se distribuye desde Chiapas hasta Nicaragua y la segunda se encuentra en Costa Rica y Panamá; el área que delimita la separación entre ambas subespecies se encuentra en la depresión del río San Juan y el lago Nicaragua (Skutch, 1944, p.215). Estudios genéticos y morfológicos recientes, sugieren que dichas subespecies puedan ser dos especies distintas (Solórzano & Oyama, 2010, p.367; (Solórzano, Garcia-Juarez, & Oyama, 2009, p.247); así mismo no se ha demostrado el intercambio genético entre las poblaciones de Quetzal de Nicaragua y Costa Rica (Solórzano & Oyama, 2010, p.358).

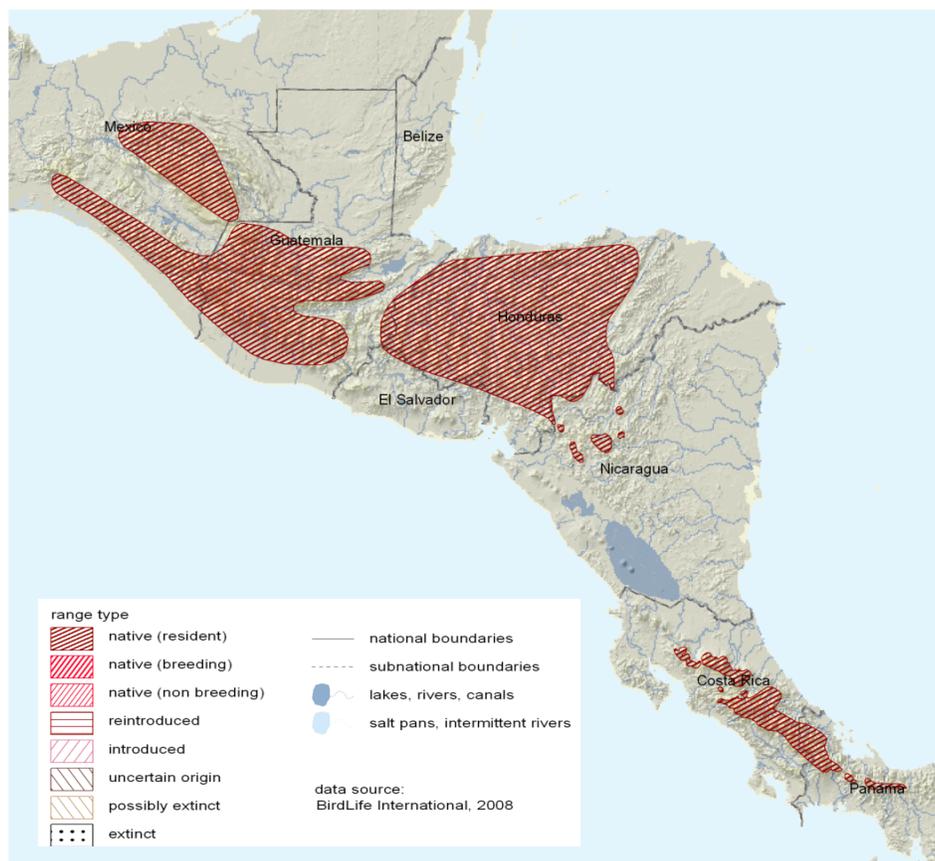


Figura No.1. Mapa de distribución del Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*).

3.1.2 Ecología del Quetzal

Algunos estudios describen al Quetzal como una especie que realiza migraciones altitudinales de los sitios de anidamiento a otros sitios a menores altitudes (Paiz, 1996, p.41, Powell & Bjork, 1994 p.162, Wheelwright N. T., 1983, p.298). Powell y Bjork (1994) describen estos movimientos de quetzales desde los sitios de anidamiento, no indican la elevación de estos, hasta elevaciones entre 1,450 y 1,100 msnm en la vertiente Pacífica y elevaciones entre 1,200 a 700 msnm en la vertiente Atlántica; en la Reserva Monteverde en Costa Rica.

Varios autores sugieren que los movimientos altitudinales de los quetzales a lo largo de su hábitat están asociados a la disponibilidad de frutos de sus especies nutricias (Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000, p.527; Wheelwright, 1983, p.297). Los quetzales se consideran importantes dispersores de semillas de arboles de los bosques nubosos, debido a que en la mayor parte de los casos ingieren completamente los frutos y posteriormente los expulsan o defecan en otros sitios (Ávila, Hernandez, & Verlarde, 1996, p.726).

Los frutos de los arboles de la familia Lauraceae constituyen uno de sus principales alimentos, sin embargo también se les ha observado alimentándose de frutos de árboles y arbustos de las familias Araceae, Araliaceae, Arecaceae, Actinidiaceae, Annonaceae, Asteraceae, Celastraceae, Cornaceae, Flacourtiaceae, Malvaceae, Melastomataceae, Moraceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Podocarpaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Rutaceae, Solanaceae, Staphylacaceae, Symplocaceae, Theaceae y Verbenaceae (García-Rojas, 2006; Solórzano et al. 2000; Avila et al.,1996; Wheelwright, 1983). Los quetzales se alimentan tomados los frutos al vuelo de las ramas distales de los árboles. La dieta de las crías consiste de frutas, insectos y pequeños vertebrados. Debido a que la mayor parte de su dieta en edad adulta son frutos y que logra tragar sus semillas y las defeca o regurgita enteras se considera un importante dispersor de semillas de los bosques nubosos, especialmente durante la temporada no reproductiva, cuando se desplaza varios kilómetros (Ávila, Hernandez, & Verlarde, 1996, p.723).

3.1.3 Comportamiento reproductivo

La época reproductiva de la especie suele iniciar en febrero, aunque puede adelantarse, y finaliza en junio o julio (Paiz, 1996, p.36). La reproducción de la especie puede resumirse en cuatro fases: agrupamiento, cortejo, anidamiento y crianza de los pichones. Los quetzales se agrupan a inicios del mes de febrero en los sitios en donde se encuentran los tocones en los que van a anidar (Barrios et al.; en ejecución; LaBastille, Allen, & Durrell, 1972, p.343; Skutch, 1944, p.45) e inmediatamente inicia el cortejo. Inicialmente los quetzales machos realizan algunos cantos mediante los cuales delimitan sus territorios y atraen a las hembras. El cortejo también incluye una serie de vuelos verticales acompañados de cantos característicos y un factor muy importante es el desarrollo de las plumas supracaudales (LaBastille, Allen, & Durrell, 1972, p.343). Una vez formadas las parejas, éstas buscan cavidades previamente elaboradas por otras aves en troncos de árboles muertos llamados “tocones” las cuales preparan a fin de anidar en estas. Posteriormente inicia la incubación que dura alrededor de 15 días, es importante resaltar que los cuidados parentales los proporcionan ambos progenitores con esfuerzo similar (LaBastille, Allen, & Durrell, 1972, p.343). Una vez eclosionan los pichones, permanecen dentro del nido en el cual se alimentan principalmente de insectos, anfibios y reptiles que son capturados y predigeridos por los padres; además de frutos de los que regularmente se alimentan los padres (Ávila, Hernandez, & Verlarde, 1996, p.726).

3.2 Estado de conservación

El Quetzal se encuentra catalogado como cerca de estar amenazado a nivel global (UICN, 2010). En Guatemala la especie se encuentra en la categoría III de la lista roja del CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas) que implica un manejo especial y uso controlado de la especie (CONAP, 2010). Además, es una de las pocas especies centroamericana en el apéndice I de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) (CITES, 2011) lo que le otorga una estricta protección y la prohibición total de su comercio.

En la actualidad, ambas subespecies de quetzales están expuestas a la pérdida y degradación de sus hábitats reproductivos y no reproductivos, pero aparentemente la tasa de pérdida es más severa para la subespecie que habita en el país (*P. mocinno mocinno*) en comparación con la subespecie presente en Panamá y Costa Rica (*P. mocinno costarricense*) por lo que los esfuerzos de conservación deberían ser más intensos en esta porción de su distribución (Solórzano & Oyama, 2010, p.367).

A pesar de que a escala global está considerada como una especie en bajo riesgo, argumentando que presenta una amplia distribución, los expertos recomiendan reconsiderar su clasificación en base a la grave amenaza que sufre por la pérdida de los hábitats a lo largo de Mesoamérica, así como un intenso tráfico ilegal (Solórzano & Oyama, 2010, p.367).

3.3 Los ciclos fenológicos y su efecto sobre la migración de las aves

La fenología se refiere al estudio de los eventos periódicos involucrados en el ciclo de vida de las plantas acomodados a cierto ritmo periódico como el brote de hojas, la maduración de los frutos y la producción de flores (Fournier & Charpantier, 1975, p.45). Con respecto a la migración de muchas especies de aves las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento al parecer, influyen en los ciclos de vida de las especies que dependen de estos. Esa dependencia a la fenología del alimento parece ser más evidente en especies frugívoras. Poulin et al. (1992) demostró que la fenología de alimento, aunado con características climáticas como la precipitación, afectan varios aspectos de la fenología de las aves, principalmente la muda y la anidación.

Se ha observado que la producción de frutos varía temporalmente y espacialmente en diferentes tipos de hábitat y generalmente, los períodos de mayor disponibilidad en tiempo y espacio se relacionan con los períodos de mayor abundancia de aves para algunos sitios (Levey, 1988, p.261; Loiselle y Blake, 1991, p.187). Loiselle y Blake (1991, p.187) realizaron muestreos de tres sitios a lo largo de un gradiente altitudinal (50, 500 y 1000

msnm) por un año completo comparando períodos de mayor abundancia de frutos y aves de sotobosque y encontraron que estos se relacionan. De esa manera, se puede explicar la presencia de esas aves en altitudes diferentes a lo largo del año y las migraciones para esas especies.

4. JUSTIFICACION

El Quetzal es una especie considerada como cerca de estar amenazada a nivel mundial (UICN, 2010). A nivel regional la especie es considerada como un símbolo de conservación de los bosques nubosos y en Guatemala la especie es importante a nivel ecológico por su papel como dispersora de semillas de árboles característicos del bosque nuboso (Paiz, 1996, p.14; Wheelwright, 1983, p.299). Económica y culturalmente es importante pues es uno de los principales atractivos ecoturísticos del país y es el símbolo nacional con el que la mayoría de los guatemaltecos se identifica (Paiz 1996, p.14). La principal amenaza de la especie la constituye la pérdida y degradación de su hábitat (Solórzano & Oyama, 2010, p.367; Paíz 1996, p.14; Powell & Bjork, 1994, p.163). Algunos autores han descrito movimientos altitudinales de las poblaciones de quetzales a lo largo del ciclo anual (Paiz, 1996, p.41; Powell & Bjork, 1994, p.166). Estos movimientos involucran desplazamientos desde los hábitats de cría ubicados entre los 1,200 a 2,400 msnm hasta sitios a 850 msnm, en los que permanecen por varios meses después de la reproducción (Paiz, 1996, p.14). Los movimientos sobre el gradiente de elevación, suelen iniciar con desplazamientos cortos y conforme transcurre el tiempo sus desplazamientos abarcan más días y mayores distancias hasta que finalmente los individuos se dispersan más ampliamente en sitios a menores altitudes (Paiz, 1996, p.79). A pesar de que no se conocen con precisión los factores que influyen y/o que determinan dicho comportamiento varios autores sugieren que está asociado con cambios en la disponibilidad de frutos de las plantas de las que se alimenta a lo largo de su hábitat (Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000, p.527; Wheelwright, 1983, p.297).

Debido al estado de amenaza de la especie y a la vulnerabilidad de su hábitat a la fragmentación es importante determinar la relación de los movimientos altitudinales de los quetzales con la disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias a lo largo del gradiente de elevación el uso del hábitat en general, con el fin de considerar dichos factores en el rediseño y mejoramiento de los planes de conservación de la especie y su hábitat.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Determinar la importancia que tiene para la conservación de los Quetzales del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal, la relación de los movimientos altitudinales de los Quetzales con la disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias en el gradiente altitudinal.

5.2 Específicos

5.2.1 Medir las variaciones temporales en la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del Quetzal a lo largo del gradiente altitudinal del Biotopo del Quetzal en un ciclo anual.

5.2.2 Medir las frecuencias de avistamientos de quetzales a través del gradiente altitudinal del Biotopo del Quetzal en un ciclo anual.

5.2.3 Determinar si existe relación entre la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del Quetzal y el patrón de espaciamiento de los Quetzales en el gradiente de elevación del Biotopo del Quetzal.

6. HIPOTESIS

El patrón de espaciamiento de los individuos de la población de quetzales del Biotopo del Quetzal varía durante el ciclo anual y está relacionado con los movimientos que realizan los individuos de la población sobre el gradiente de elevación por efecto de la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 Área de estudio

El Biotopo Universitario para la conservación del Quetzal está ubicado en la parte central del país, en el municipio de Purulhá, en el departamento de Baja Verapaz (90°13'15" y Longitud 15°13'0"). Tiene una extensión de 1,017 ha de bosque nuboso primario alrededor de los cuales se sitúa la zona de amortiguamiento con una extensión de 5,241 ha. El paisaje en general está compuesto por fragmentos de bosque nuboso y pino-encino en diferentes estados de sucesión, así como campos de cultivo, pastizales, asentamientos rurales y sitios de deforestación. Las comunidades que se encuentran en la zona de amortiguamiento son Rincón del Quetzal, Río Colorado, Cuchilla del Nogal, en Purulhá y La Unión Barrios en Salamá (Basterrechea, 2000, p.10). El Biotopo presenta dos tipos de hábitat particulares. El primero ocupa la mayor parte del área representado por abundante vegetación de bosque latifoliado que se desarrolla arriba de 1,500 msnm. Este tipo de bosque se identifica fácilmente por la presencia abundante de helechos, musgos, líquenes, orquídeas y tilandsias. El segundo tipo de hábitat, se encuentra en una pequeña zona al extremo este de la reserva representado por varias especies de coníferas, principalmente por *Pinus tenuifolia* (Basterrechea, 2000, p.16). La vegetación del biotopo está caracterizada por la presencia de gran cantidad de especies pertenecientes principalmente a las familias Orchidiaceae, Polypodiaceae, Rubiaceae, Bromeliaceae, Fabaceae, Asteraceae y Piperaceae. Las especies están distribuidas en siete estratos: arbóreo, arbustivo, herbáceo, lianas, epífitas, saprofito y hematoparásito, siendo el estrato epífita el más diverso (Basterrechea, 2000, p.15).

El Biotopo se encuentra entre los 1,500 msnm y 2,348 msnm. La temperatura promedio es de 18.1 °C, con un rango promedio de 13.9 °C a 20.4 °C. Generalmente, las montañas del lugar se encuentran cubiertas de neblina, característico del bosque nuboso. La lluvia registra un promedio anual de 2,092.4 mm, siendo los meses de enero a abril los de menos precipitación y de junio a septiembre los de mayor precipitación (Basterrechea, 2000, p.16).

Los mamíferos son relativamente escasos (excepto los cricétidos y quiropteros), aunque el número de especies registradas en el Biotopo es cercano a 25. En su mayoría son especies pequeñas (roedores y murciélagos), pero también se encuentran algunas más grandes como el gato demonte (*Urocyon cinereoargenteus*), cuerpoespín (*Coendu mexicanus*), armadillo (*Dasypus novonovcintus*), tepezcuintle (*Agouti paca*), tacuazín (*Didelphis marsupialis*), pizote (*Nasua nasau*), mapache (*Procyon lotor*), zorro (*Mephitis macroura*), comadreja (*Mustela frenata*), ardilla (*Sciurus deppei*), conejo (*Sylvilagus floridanus*). Otras especies que están presentes en el área son: Zaraguata (*Alouatta palliata*), huitizil (*Mazama temama*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), coche de monte (*Tayassu tajacu*), micoleón (*Potos flavos*), tirgrillo (*Felis pardalis*) y puma (*Felis concolor*) (Basterrechea, 2000, p.22).

Con relación a las aves se han reportado 150 especies de aves, entre residentes, residentes estacionales y migratorias. Entre las especies relativamente abundantes y características del área se encuentra las lechuzas (*Ciccaba virgata*), el tucán esmeralda (*Aulacorynchus prasinus*), el azulejo (*Sialia sialis*), la aurora (*Trogon collaris*), la cayaya (*Penelopina nigra*), el guardabarrancos (*Myadestes occidentalis*), el gorrión (*Campylopterus hemileucurus*), el carpintero (*Veniliornis fumigatus*), el pito real (*Myadestes unicolor*) y la shara (*Cyanocorax melanocyaneus*) (Basterrechea, 2000, p.23).

7.2 Métodos:

7.2.1 Determinación de los movimientos altitudinales de quetzales a lo largo del gradiente de elevación del Biotopo del Quetzal

Se utilizó el método de puntos de conteo sobre transectos de muestreo.

7.2.1.1 Selección de niveles de elevación: el área de estudio se dividió en tres niveles de elevación. Los transectos de muestreo se distribuyeron de la siguiente manera sobre los niveles en estudio de la siguiente manera:

Nivel Inferior (1,680 msnm-1,850 msnm): Transecto 1 y 2

Nivel Medio (1,960 msnm-2,020 msnm): Transecto 3 y 7

Nivel Superior (2,120 msnm-2,290 msnm): Transecto 4 y 5

7.2.1.2 Trazado de los transectos de muestreo: Se trazaron dos transectos de muestreo de aproximadamente 1 km de largo y 5 m de ancho sobre cada nivel altitudinal, para un total de seis transectos. Sobre cada transecto se marcaron 15 puntos de avistamientos separados uno de otro por 50 m lineales. Cada punto fue marcado utilizando cinta forestal indicando el número de transecto y número de punto de conteo.

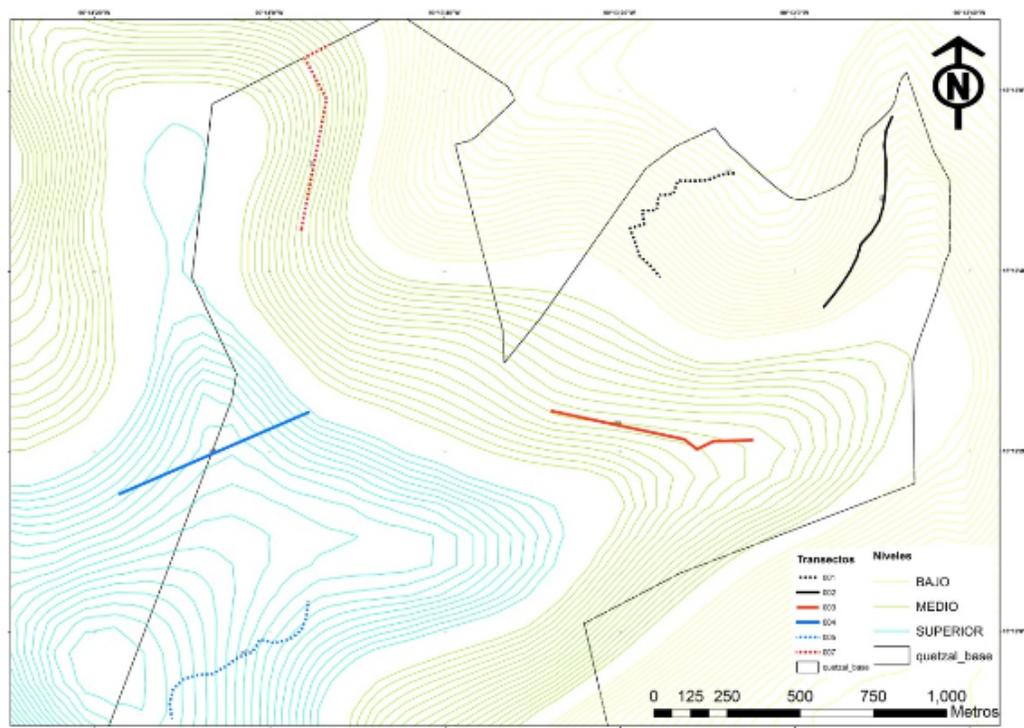


Figura No.2. Mapa de distribución de los transectos de muestreo dentro del Biotopo del Quetzal.

7.2.1.3 Estudio de las frecuencias de avistamiento de quetzales: entre marzo de 2010 y junio de 2011 se muestreó 13 veces las frecuencias de avistamientos de quetzal sobre los transectos de muestreo (una vez al mes los meses muestreados), durante el periodo de mayor actividad de la especie (de 6 a.m. hasta aproximadamente 10:30 a.m.). Se muestreó durante 10 minutos exactos en cada punto de conteo, empleando no más de 5 minutos para desplazarse de un punto de conteo al siguiente. En cada punto se registró si se observó

quetzales y a qué distancia del punto se encontraban. Durante el recorrido se anotó el número de punto de conteo, la hora, el número de individuos observados o escuchados (Anexo No.1). Además, cuando fue posible, se registró el sexo y la actividad que realizaba cada individuo (por ejemplo: perchando, volando, vocalizando, alimentándose, entre otros). Los datos fueron anotados en libretas de campo.

7.2.2 Fenología de las plantas nutricias del Quetzal

Los aspectos fenológicos a evaluar fueron la presencia de flores y frutos y la cantidad de frutos disponible para cada planta en fructificación. Para ello, se utilizó el método descrito por (Fournier, 1975), trabajando en este caso con porcentaje de presencia de cada fase fenológica.

7.2.2.1 Selección de las especies nutricias: las especies vegetales estudiadas se eligieron a partir de los listados de plantas reportadas como alimento del Quetzal, que estuvieran presentes (Paiz, 1996, p.104, Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000, p.525, Barrios M. y otros, en ejecución). La identificación de los individuos se realizó mediante el uso de características dendrológicas con la ayuda de un botánico. Las especies que no se lograron identificar por ésta vía, se identificaron mediante la colecta y posterior utilización de claves taxonómicas en el herbario USCG del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2.2.2 Selección de individuos: se seleccionaron las plantas nutricias distribuidas a lo largo de los seis transectos de muestreo con la condición de que sus copas pudieran ser observadas con facilidad para su estudio. La selección de los individuos estudiados fue determinada de forma subjetiva en relación a la aparente abundancia relativa de cada especie sobre los transectos de muestreo. A pesar de que este tipo de selección implica un sesgo en el muestreo, no se pudo utilizar otro criterio más objetivo debido a limitaciones logísticas y de presupuesto.

7.2.2.3 Marcaje de individuos: las plantas seleccionadas fueron marcadas con placas metálicas para facilitar la re-localización, asignándole un número consecutivo. Para cada individuo se tomaron datos de altura, DAP y cobertura de la copa. El número de ejemplares marcados por especie sobre cada transecto no siempre fue igual y se marcaron todos los individuos que se observaron sobre dicho transecto por lo que para algunas el número de individuos es bajo y se relaciona con la aparente abundancia relativa de dicha especie en cada sitio (Cuadro No.1).

7.2.2.4 Registró de datos: con la ayuda de binoculares (10x42) mensualmente (de mayo de 2010 a junio de 2011) se registró el estado fenológico de cada individuo de la siguiente manera: estéril (carente de estructuras reproductivas), floración y fructificación. A continuación, se calculó el porcentaje de cada fase fenológica en relación a la totalidad de la copa. El calculo del porcentaje se baso en determinar la cantidad de ramas que presentaran frutos en relación a la totalidad de ramas del espécimen (eg. si el árbol tenía 10 ramas y 5 de ellas en fructificación entonces se estimo que el 50% del árbol se encontraba en esta fase. Cuando la planta se encontraba en fructificación se registró el porcentaje de frutos verdes y el porcentaje de frutos maduros. El registró de los datos se llevó a cabo en boletas de toma de datos de fenología por transecto. En relación a esto, a pesar de que los porcentajes de abundancia de frutos no reflejan la disponibilidad total de frutos como tal, si reflejan la abundancia relativa de frutos sobre los transectos en los que también se estudio la frecuencia de avistamientos de quetzal.

7.3 Análisis de datos:

Para analizar los patrones fenológicos de las plantas nutricias y el patrón de abundancia relativa de quetzales se realizaron análisis de tendencias a través de la proyección de los resultados en gráficas de curvas. Para realizar los análisis de tendencias de los resultados de la fenología por especie, se tomaron en cuenta únicamente los individuos fértiles.

Para determinar si existió diferencia significativa sobre la abundancia y sobre el porcentaje de fructificación se realizaron Análisis de Kruskal-wallis y una prueba de contrastes

múltiples entre los meses y entre los transectos considerando como significativo valores menores a 0.1.

8. RESULTADOS

8.1 Patrones Fenológicos

Las 19 especies nutricias del quetzal que fueron seleccionadas para el estudio fueron: *Cecropia peltata* L. (Guarumo), *Clethra suaveolens* Turcz (Palo de Sana), *Clusia salvinii* Donn. Sm (Oreja de Burro) *Clusia guatemalensis* (Oreja de Burro Pequeña), *Cornus disciflora* DC (Frutillo), *Ardisia rarescens* (Guatitum), *Synardisia venosa* (Guatitum Blanco), *Parathesis sessilifolia* Donn. Sm (Guatitum rojo), *Parathesis leptopa* (Guatitum canche), *Prunus brachybotrya* (Sapotio), *Rhamnus capreifolia* Schl (Palo Amarillo), *Rubus sp.* (Mora Silvestre), *Symplocos vaterii* (Jocotillo), *Zanthoxylum acuminatum* (SW.) Sw. (Naranjillo), *Zinowiewia tacanensis* Lundell (Siete Camisas) y tres morfoespecies de Aguacatillos Silvestres.

De las especies estudiadas, 15 presentaron alguna fenofase reproductiva; el resto se mantuvo estériles durante el muestreo (Ciprecillo, Jocotillo, Zapotillo y tres morfoespecies de Aguacatillos Silvestres). El Jocotillo, Zapotillo, Palo amarillo y Oreja de Burro Pequeña, se encontraron únicamente en el nivel Inferior, mientras que el Guatitum Canche solo se observó en el nivel Superior. El resto de las especies se registraron en dos o tres de los niveles en estudio (Cuadro No.1).

Cuadro No.1. Especies de plantas nutricias del Quetzal seleccionadas para el estudio fenológico. En las columnas de la derecha se indica el número de individuos marcados por especie por nivel altitudinal.

No.	Familia	Especie	Numero de individuos por nivel altitudinal		
			Inferior	Medio	Superior
1	Celastraceae	<i>Zinowiewia tacanensis</i>	0	3	6
2	Clethraceae	<i>Clethra suaveolens</i>	11	12	1
3	Clusiaceae	<i>Clusia guatemalensis</i>	2	0	0
4	Clusiaceae	<i>Clusia salvinii</i>	7	7	10
5	Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i>	12	11	13
6	Lauraceae	Lauracea sp1	7	3	8
7	Lauraceae	Lauracea sp2	0	0	3
8	Lauraceae	Lauraceae sp3	0	0	1

9	Myrsinaceae	<i>Ardisia rarescens</i>	1	0	4
10	Myrsinaceae	<i>Parathesis leptopa</i>	0	0	13
11	Myrsinaceae	<i>Parathesis sessilifolia</i>	6	1	1
12	Myrsinaceae	<i>Synardisia venosa</i>	5	3	6
13	Podocarpaceae	<i>Podocarpus oleifolius</i>	1	1	1
14	Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreifolia</i>	2	0	0
15	Rosaceae	<i>Prunus brachybotrya</i>	3	0	0
16	Rosaceae	<i>Rubus</i> sp	5	2	5
17	Rutaceae	<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	3	12	9
18	Symplocaceae	<i>Symplocos hartwegii</i>	1	0	0
19	Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>	8	6	0
Total			74	63	86

Por otro lado, el 17 de abril de 2010, un mes antes de iniciarse el estudio fenológico, ocurrió una lluvia de granizo dentro del Biotopo que dejó una capa de hielo en el suelo de aproximadamente 30 cm de espesor. El granizo causó la caída de gran parte del follaje, flores y frutos de las plantas del lugar (Figura No.4). Aunque no se determinaron con precisión los efectos de este fenómeno sobre la diversidad del lugar, se observó que la recuperación de la vegetación fue rápida y para mediados del mes de julio de 2010 la mayoría de plantas contaban con nuevo follaje. En relación a esto, se observó que durante los primeros meses de muestreo los porcentajes de disponibilidad de frutos de las especies estudiadas fueron bajos lo cual debió muy probablemente a la ocurrencia de este fenómeno.

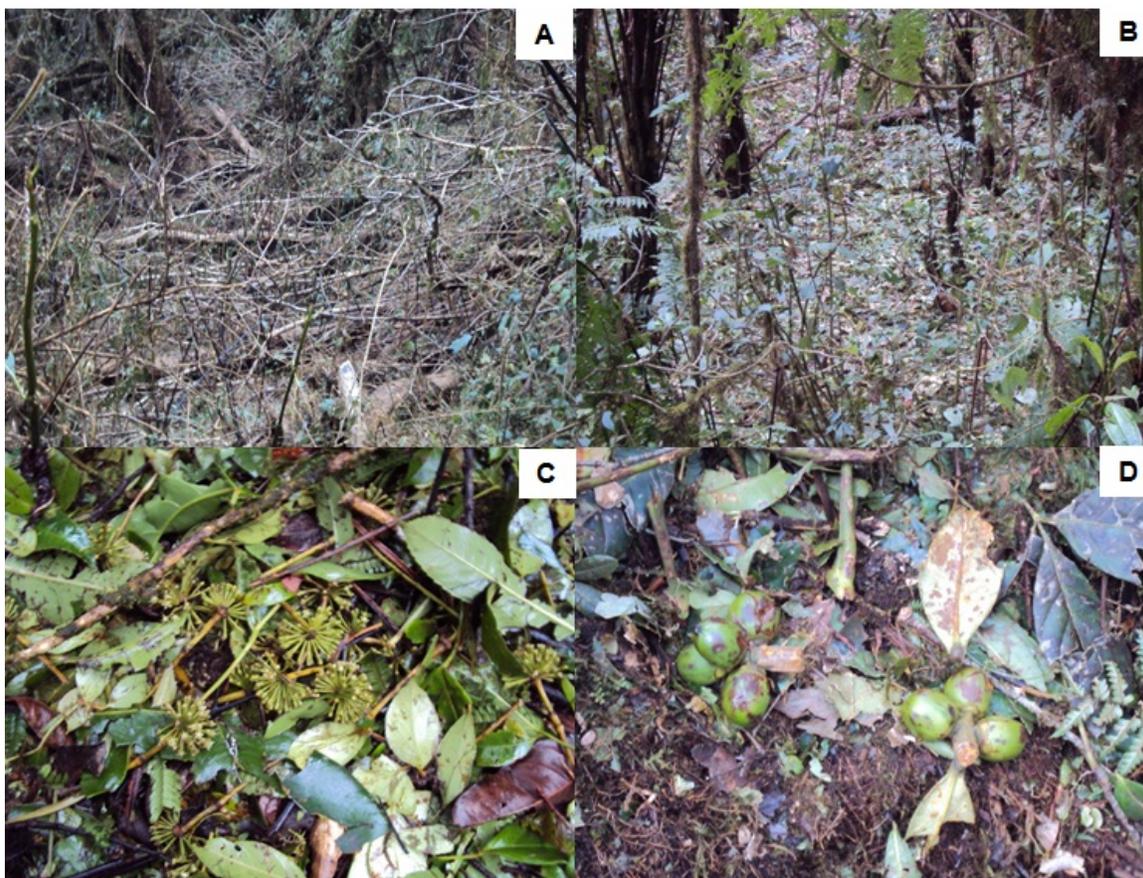


Figura No.4 Daños ocasionados por la lluvia de granizo ocurrida el 17 de abril del 2010, en el Biotopo del Quetzal. A) Defoliación de arbustos del sotobosque B) Aumento de la capa de hojarasca producto de la defoliación, C) Inflorescencias de Frutillo (*Cornus disciflora*) en el suelo y D) Frutos de Oreja de Burro Grande (*Clusia salvinii*) en el suelo.

A continuación se describen los patrones fenológicos por especie:

Frutillo (*Cornus disciflora* DC.)

Del total de individuos marcados 21 presentaron estructuras reproductivas. Los ejemplares fértiles presentaron flores y frutos la mayor parte del año, traslapando ambas fenofases, lo cual es típico de la especie (Zamora, Jiménez, & Poveda, 2004, p.35). En general, la especie presentó mayor abundancia de flores de noviembre a marzo y mayor cantidad de frutos de junio a octubre (Figura No.5a). Los frutos maduraron de junio a julio y de noviembre a enero. Se observó al Quetzal alimentarse de esta especie durante todo el año, aunque con mayor intensidad de noviembre a enero.

En relación al comportamiento de fructificación de la especie por nivel altitudinal, se observó que durante la primera porción del año 2010, el porcentaje medio de frutos fue mayor en los niveles Medio e Inferior (Figura No.5b). Posteriormente, el porcentaje de fructificación disminuyó en estos niveles y comenzó a aumentar en el Superior (septiembre-noviembre). De forma similar a comienzos del 2011, la cantidad de frutos aumentó en los niveles Medio e Inferior y disminuyó en Superior.

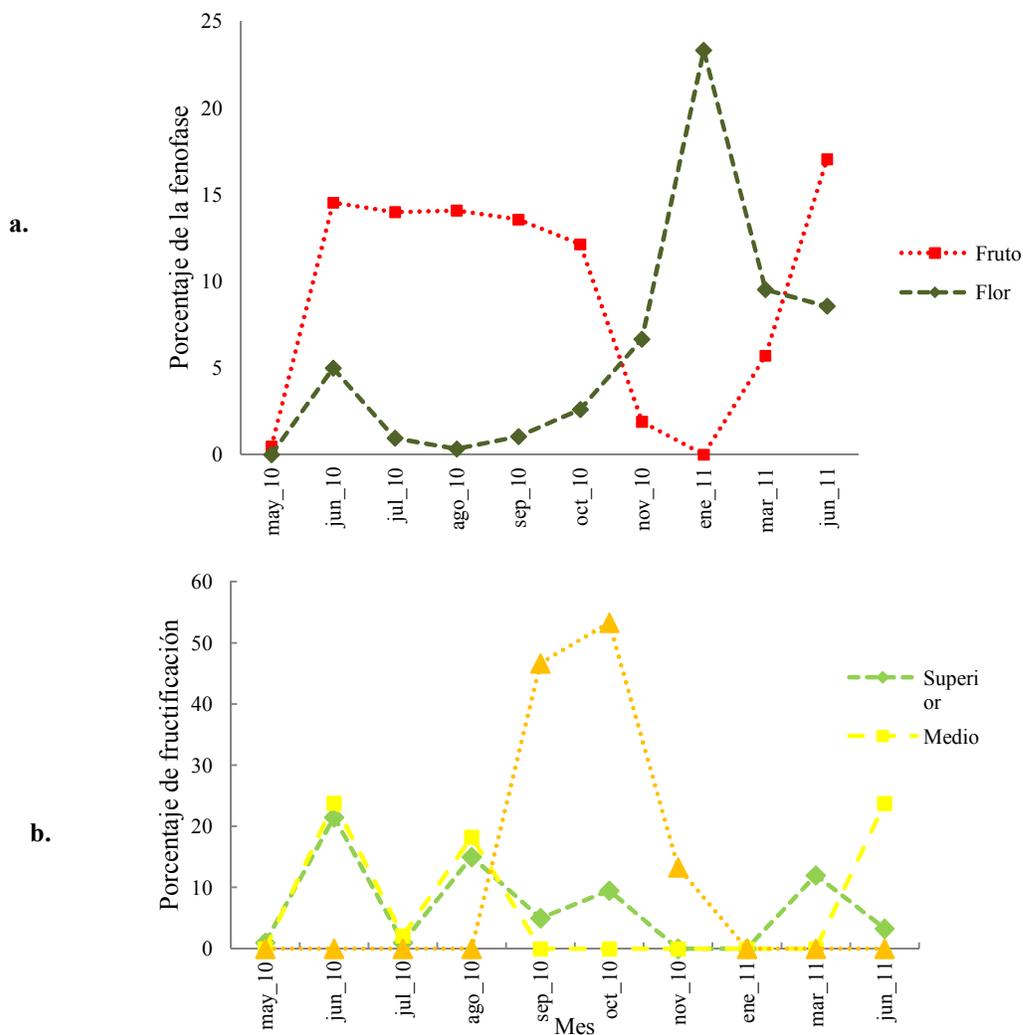


Figura No.5 Patrón fenológico medio del Frutillo (*Cornus disciflora*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011. **a.** Porcentaje medio de fructificación y floración de la especie en el Biotopo del Quetzal. **b.** Porcentaje medio de fructificación de la especie por nivel altitudinal.

Guarumo (*Cecropia peltata* L.)

Esta especie no se registró en el nivel altitudinal superior. Dos de los árboles marcados no presentaron estructuras reproductivas. Se observaron flores de mayo a junio de 2010 y de enero a mayo de 2011 (Figura No.6a). Las infrutescencias estuvieron presentes de junio a septiembre de 2010 y de marzo a junio de 2011. Para ambos períodos los frutos maduraron los meses de junio a agosto, que fue cuando se observó al Quetzal alimentarse de ellos.

En cuanto al porcentaje de fructificación por nivel altitudinal, se registró un patrón similar entre los individuos del nivel Medio e Inferior, sin embargo en el nivel Medio el porcentaje de frutos fue levemente mayor (Figura No.6b.).

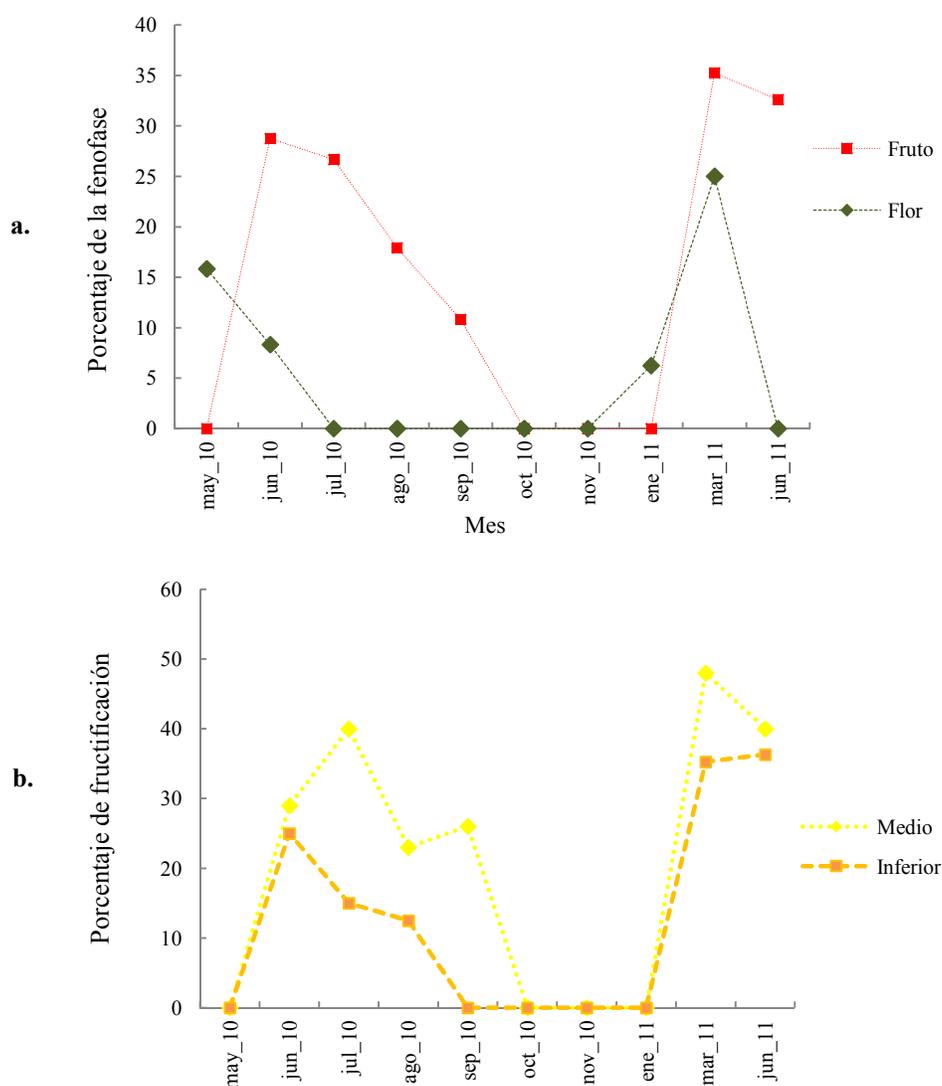


Figura No.6 Patrón fenológico medio del Guarumo (*Cecropia peltata*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011. **a.** Porcentaje medio de fructificación y floración de la especie en el Biotopo del Quetzal. **b.** Porcentaje medio de fructificación de la especie por nivel altitudinal.

Guatitum Canche (*Parathesis leptopa* Lundell.)

Para esta especie exclusiva del nivel Superior, se registraron 11 ejemplares fértiles. La floración ocurrió de mayo a junio (Figura No.7). Se observaron frutos durante casi todo el año con un periodo de mayor abundancia de julio a septiembre de 2010. La maduración de la mayoría de frutos ocurrió de noviembre a enero.

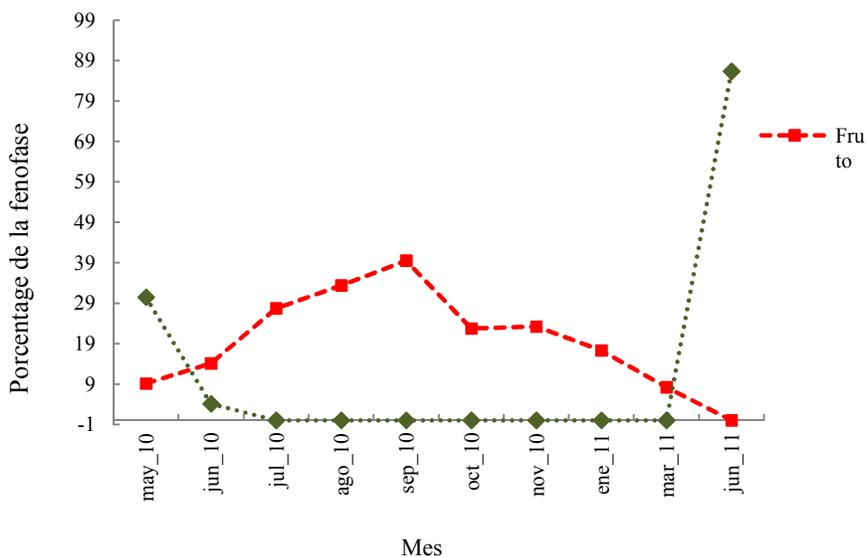


Figura No.7. Patrón fenológico medio del Guatitum Canche (*Parathesis leptopa*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011.

Guatitum Rojo (*Parathesis sessilifolia* Donn. Sm)

Para esta especie, dos de los nueve individuos monitoreados permanecieron estériles. Los ejemplares fértiles presentaron flores y frutos durante todo el año (Figura No.8). Sin embargo, en la Figura No.8, puede observarse varios meses en los cuales la disponibilidad aumento a través del año para ambas fenofases. Esta especie presentó frutos maduros todo el tiempo, aunque la proporción de frutos maduros en comparación con los verdes fue siempre menor (entre un 30% a 40% menos todos los meses).

Con respecto a la fructificación por nivel altitudinal, se observó que los individuos presentes en los niveles Medio y Superior no fueron fértiles y únicamente los individuos del nivel Inferior fructificaron durante casi todo el año.

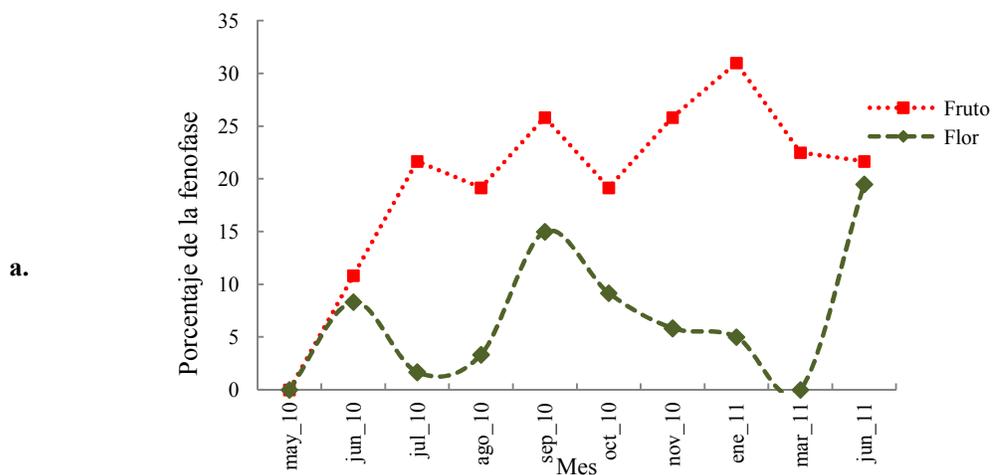


Figura No.8 Porcentaje medio de fructificación y floración del Guatitum Rojo (*Parathesis*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011.

Guatitum Blanco (*Synardisia venosa* (Mast.) Lundell)

Se registraron siete arbustos fértiles. Su floración ocurrió de mayo a junio y se observaron frutos durante casi todo el muestreo, aunque en mayor porcentaje los meses de julio a septiembre. Se observó la maduración de la mayoría de frutos de enero a marzo (Figura No.9a).

El patrón de producción de frutos de la especie por nivel altitudinal fue diferente. Los ejemplares del nivel Medio no fructificaron. Los individuos del nivel Inferior produjeron frutos casi todo el año exceptuando mayo y junio de 2010; y los individuos del nivel Superior presentaron frutos de mayo a noviembre de 2010 (Figura No.9b).

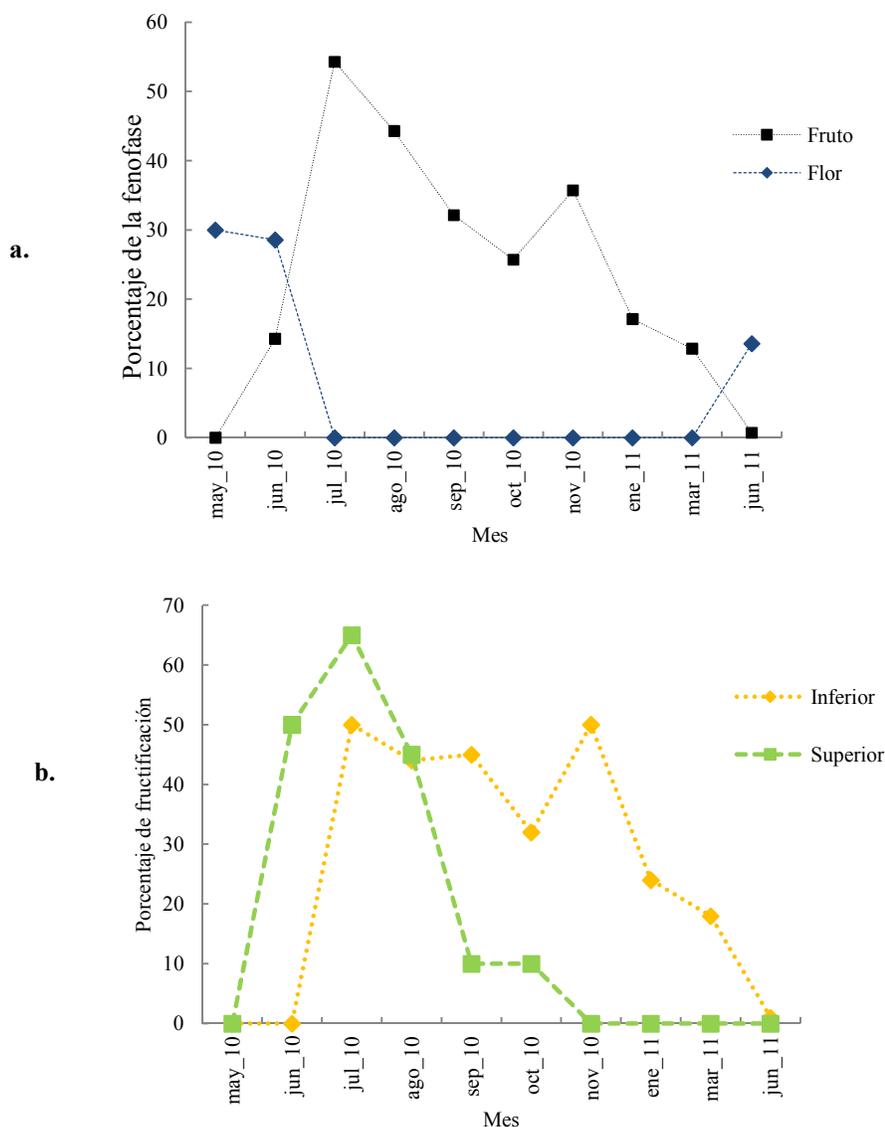


Figura No.9 Patrón fenológico medio del Guatitum (*Synardisia venosa*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011. a. Porcentaje medio de fructificación y floración de la especie en el Biotopo del Quetzal. b. Porcentaje medio de fructificación de la especie por nivel altitudinal.

Guatitum (*Ardisia rarescens* Standl)

Esta especie se encontró en los niveles Superior e Inferior y se registraron dos individuos fértiles de cinco marcados. Se observaron botones y flores el mes de enero de 2011 y frutos de marzo a junio de 2011 (Figura No.10a). La maduración de los frutos ocurrió probablemente en los meses subsiguientes aunque no pudo registrarse con precisión. Los individuos fértiles, uno ubicado en el nivel altitudinal Inferior y el otro en el Superior,

mostraron patrones de fructificación similares, aunque su pico de fructificación ocurrió con un mes de diferencia (Figura No.10 b).

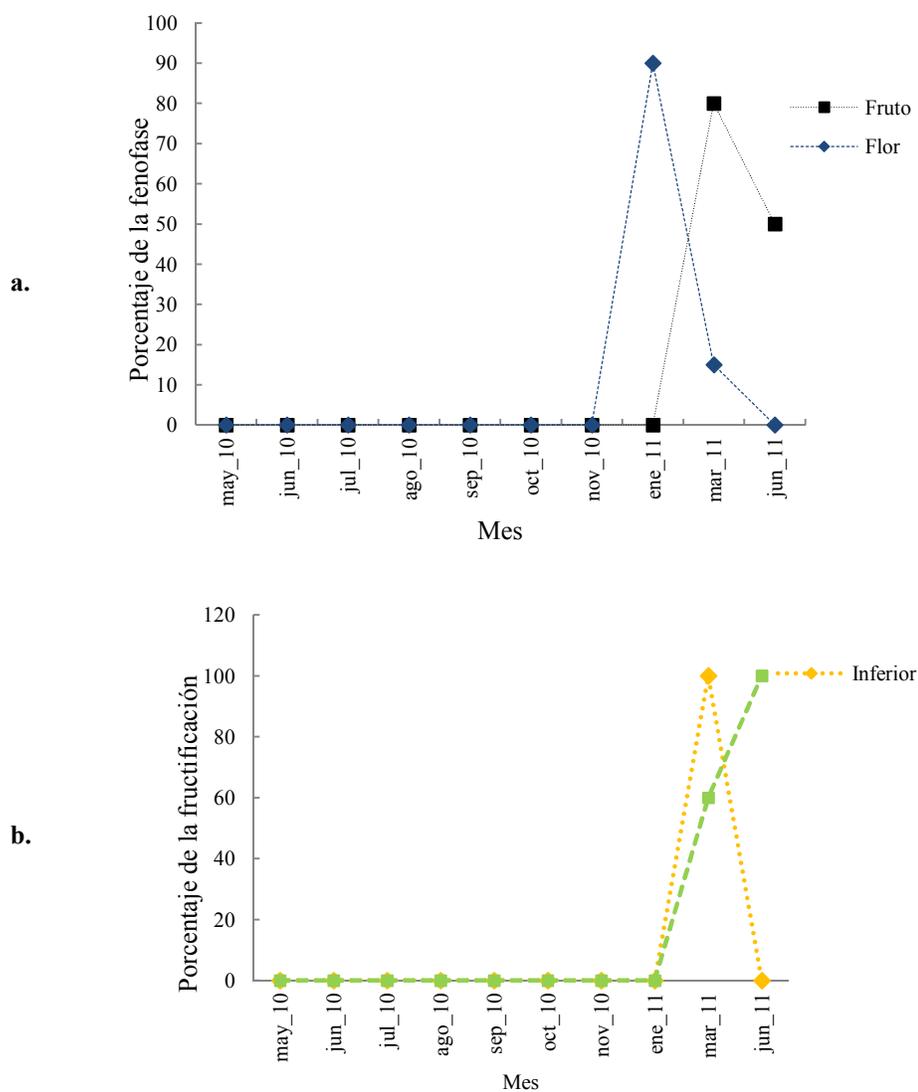


Figura No.10 Patrón fenológico medio del Guatitum Blanco (*Ardisia rarescens*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011. **a.** Porcentaje medio de fructificación y floración de la especie en el Biotopo del Quetzal. **b.** Porcentaje medio de fructificación de la especie por nivel altitudinal.

Mora Silvestre (*Rubus* sp.)

Se estudiaron 12 ejemplares de la especie, cinco de ellos fértiles. Se observaron flores desde el mes de enero, sin embargo no se pudo registrar con precisión el inicio de esta etapa. La fructificación ocurrió de marzo a junio, con mayor abundancia de frutos los meses de mayo de 2010 y junio de 2011 (Figura No.11a). La maduración de los frutos ocurrió a mediados de mayo y principios de junio cuando, a través registrós no sistemáticos, se

observó a varios quetzales alimentarse de ellos. A finales de junio la mayoría de los frutos ya estaban secos.

Con respecto a la fructificación de la especie por nivel altitudinal se observó que durante el año 2010 se observaron frutos únicamente en el nivel altitudinal inferior. Para el 2011, se detectaron frutos en todos los niveles de marzo a junio (Figura No.11b).

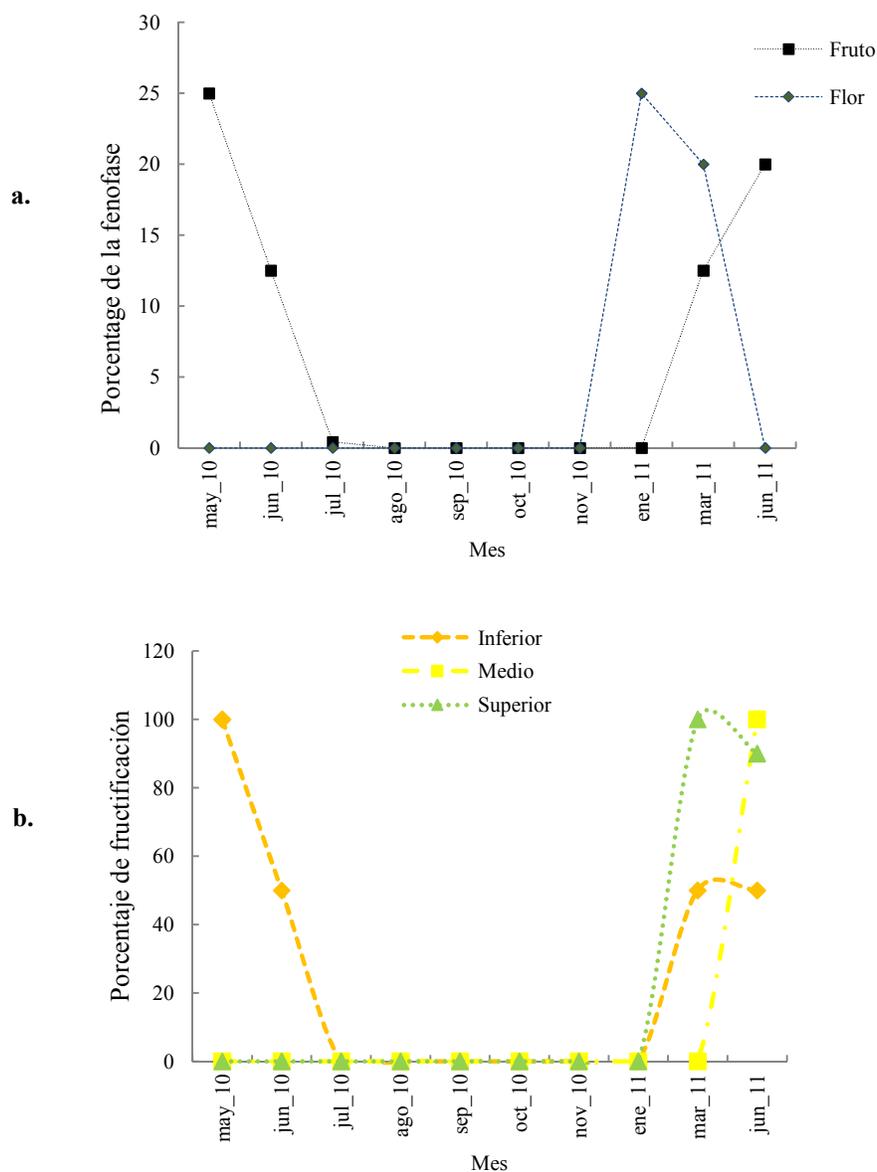


Figura No.11 Patrón fenológico medio de la Mora (*Rubus sp.*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011. **a.** Porcentaje medio de fructificación y floración de la especie en el Biotopo del Quetzal. **b.** Porcentaje medio de fructificación de la especie por nivel altitudinal.

Palo Amarillo (*Rhamnus capreifolia* Schltdl.)

Se marcaron dos individuos de esta especie en el Transecto No.2, ambos fértiles. Presentó flores los meses de enero a marzo (Figura No.12). La fructificación ocurrió de mayo a junio de 2010 y de enero a junio de 2011, con mayor abundancia para ambos períodos en el mes de junio, que fue el mes en que también se observó la maduración de los frutos.

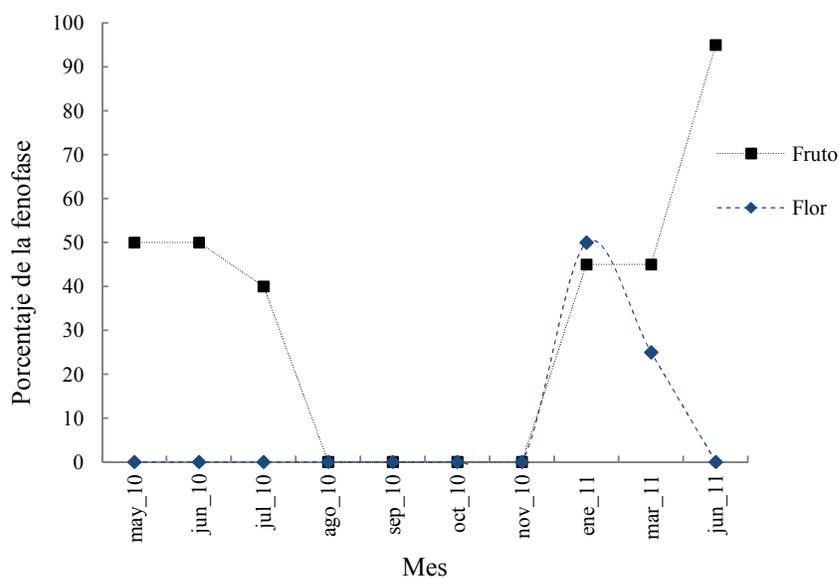


Figura No.12 Patrón fenológico medio del Palo Amarillo (*Rhamnus capreifolia*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011.

Siete Camisas (*Zinowiewia tacanensis* Lundell)

Se estudiaron nueve ejemplares de los cuales dos permanecieron estériles. Se registraron dos períodos de floración, uno que ocurrió de agosto a noviembre de 2010 y otro que dio inicio el mes de junio de 2011 (Figura No.13). Se observaron frutos casi todo el año con picos de mayor abundancia en agosto y noviembre.

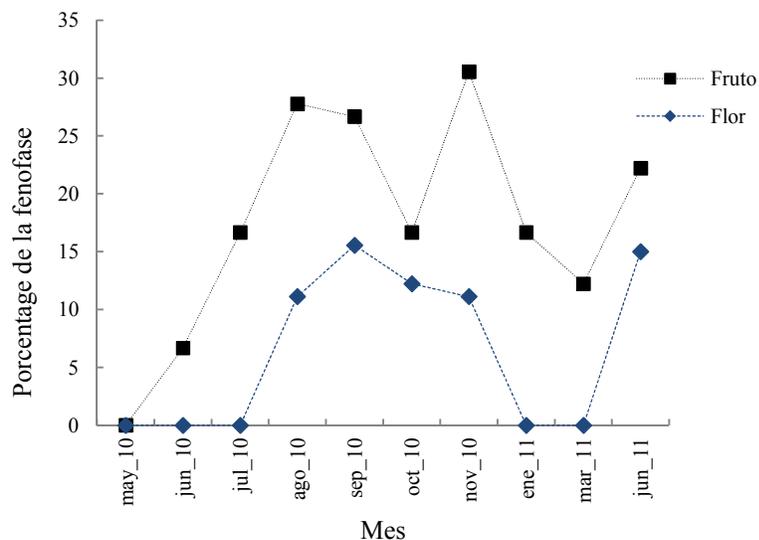


Figura No.13 Patrón fenológico medio del Siete Camisas (*Zinowiewia tacanensis*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011.

Oreja de Burro (*Clusia salvinii* Donn. Sm.)

Para esta especie se monitorearon 12 individuos fértiles y 12 que permanecieron estériles. Hubo presencia de una pequeña cantidad de flores (menos del 10%) de mayo a septiembre de 2010 y se registró el inicio de un segundo periodo de floración en junio de 2011 (Figura No.14a). Los frutos se observaron de mayo a octubre, con mayor abundancia el mes de julio. La maduración de los frutos ocurrió a finales de julio y principios de agosto.

Los individuos del nivel Superior produjeron mayor cantidad de frutos y durante más tiempo en comparación con los del nivel Medio e Inferior, sin embargo todos fructificaron entre mayo y octubre de 2010 (Figura No.14b).

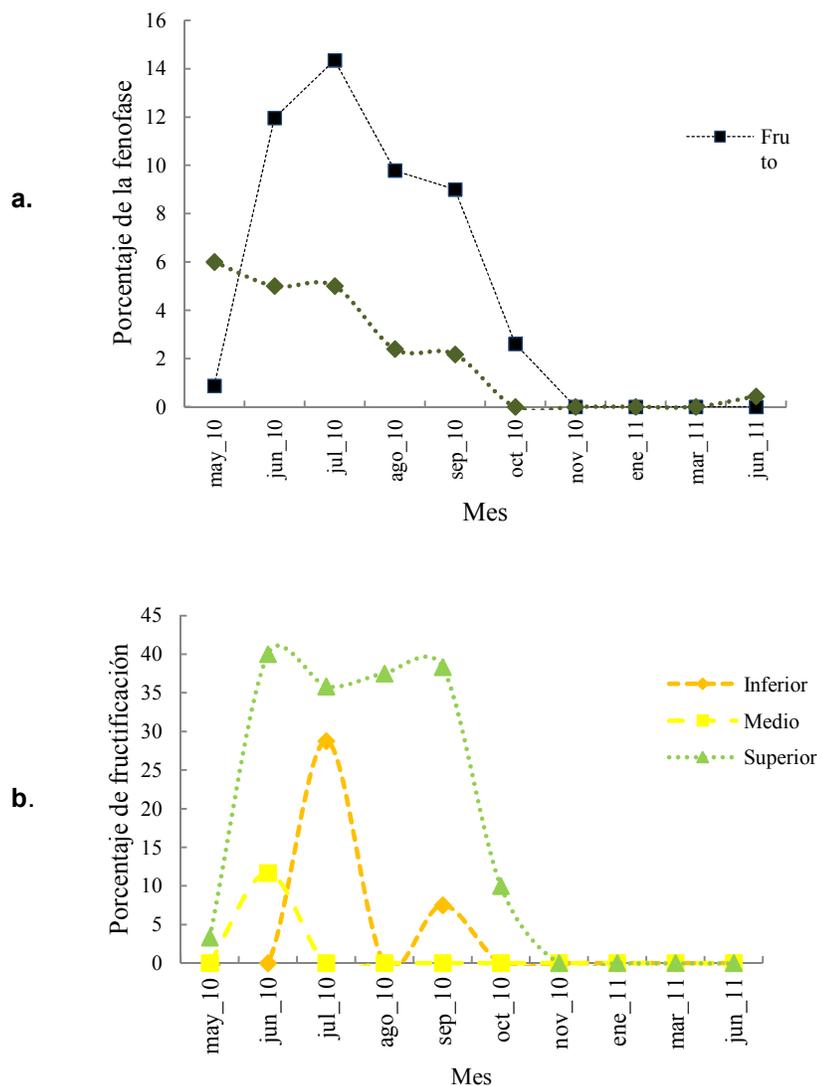


Figura No.14 Patrón fenológico medio de la Oreja de Burro (*Clusia salvinii*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011. a. Porcentaje medio de fructificación y floración de la especie en el Biotopo del Quetzal. b. Porcentaje medio de fructificación de la especie por nivel altitudinal.

Oreja de Burro Pequeña (*Clusia guatemalensis* Hemsl.)

Para esta especie se marcaron dos ejemplares, ambos fértiles, en el transecto No.1. Se observaron flores abiertas el mes de mayo de 2010; además durante este mes también se observó el inicio de la fructificación, que se prolongó hasta noviembre de ese mismo año (Figura No.15). Un segundo periodo de floración dio inicio en marzo de 2011 y se extendió

hasta el mes de junio. La maduración de los frutos ocurrió de julio a agosto de 2010, periodo durante el cual se observó al Quetzal alimentarse de ellos.

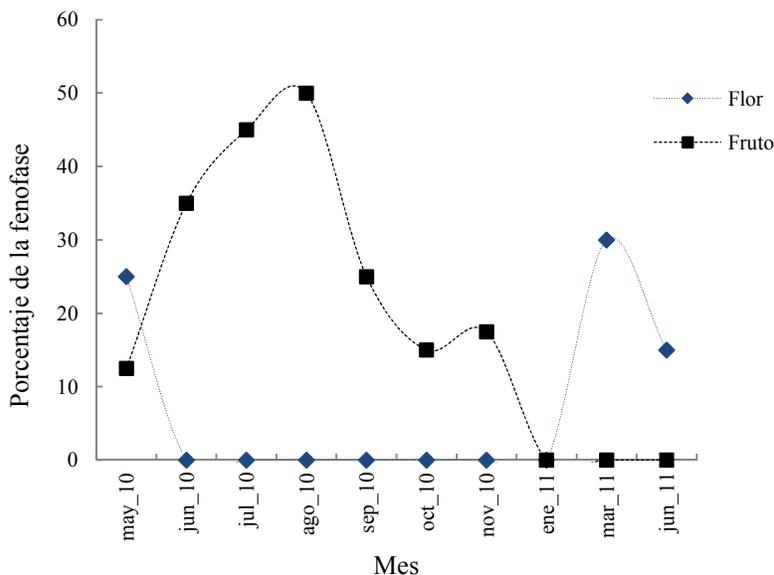


Figura No.15 Patrón fenológico medio de la Oreja de Burro Pequeña (*Clusia guatemalensis*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011.

Palo de Sana (*Clethra suaveolens* Turcz.)

Para esta especie se monitorearon siete individuos fértiles y 17 que no presentaron estructuras reproductivas. La floración ocurrió de junio a noviembre y la fructificación de noviembre a marzo (Figura No.16a). Se registró mayor abundancia de flores en septiembre de 2010 y mayor abundancia de frutos en enero de 2011. La maduración de los frutos se detectó en marzo del mismo año.

Con respecto al patrón de fructificación por nivel altitudinal, se encontró que los ejemplares fértiles, presentes en los niveles Medio e Inferior, no se sincronizaron en un 100%, pues los individuos del nivel Inferior presentaron mayor cantidad de frutos en noviembre de 2010 mientras que en el nivel Medio lo hicieron en enero de 2011 (Figura No.16b).

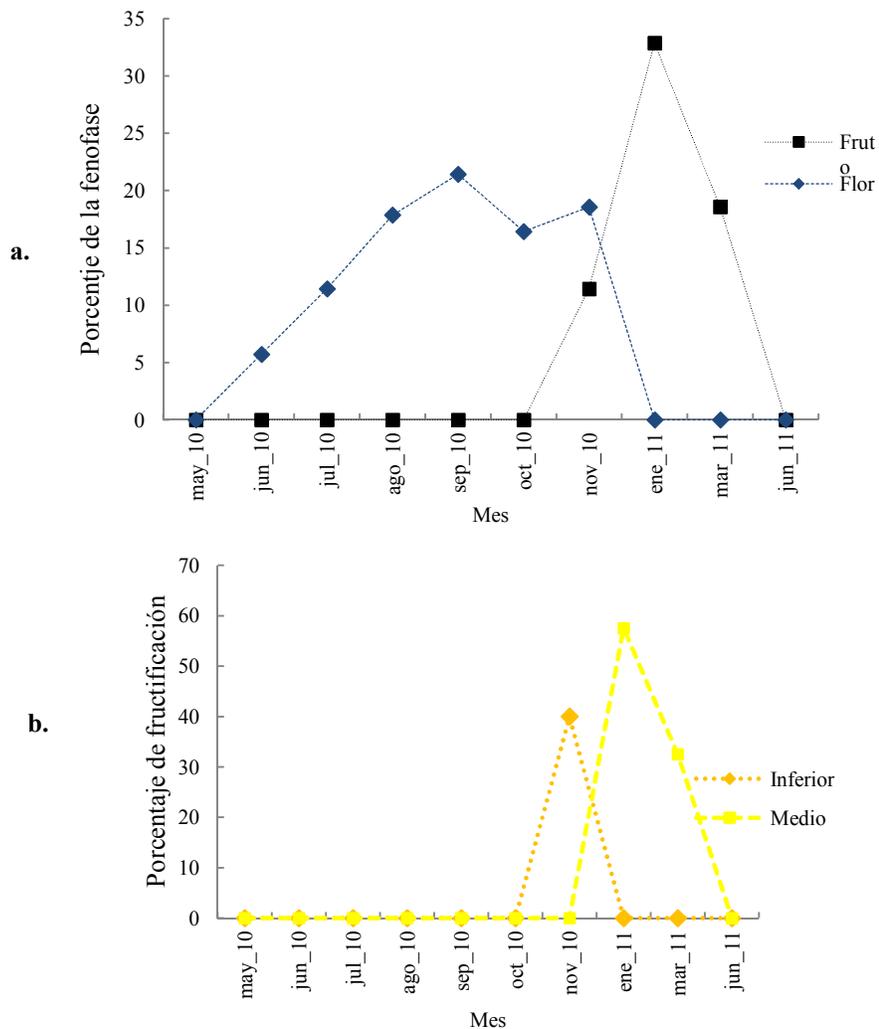


Figura No.16 Patrón fenológico medio de el Palo de Sana (*Clethra suaveolens*) en el Biotopo del Quetzal, de mayo de 2010 a junio de 2011. a. Porcentaje medio de fructificación y floración de la especie en el Biotopo del Quetzal. b. Porcentaje medio de fructificación de la especie por nivel altitudinal.

Naranjillo (*Zanthoxylum procerum* Donn. Sm.)

Se monitorearon 24 individuos, 10 de ellos fértiles. La planta fructificó de mayo a septiembre y de marzo a junio (Figura No.17). No se observó a ninguna especie en floración y los que fructificaron la primera porción del año 2010 no fueron fértiles el año siguiente. Además, los individuos que presentaron frutos la primera porción del 2011 florecieron entre noviembre y febrero aunque el periodo exacto de floración no pudo ser registrado con precisión.

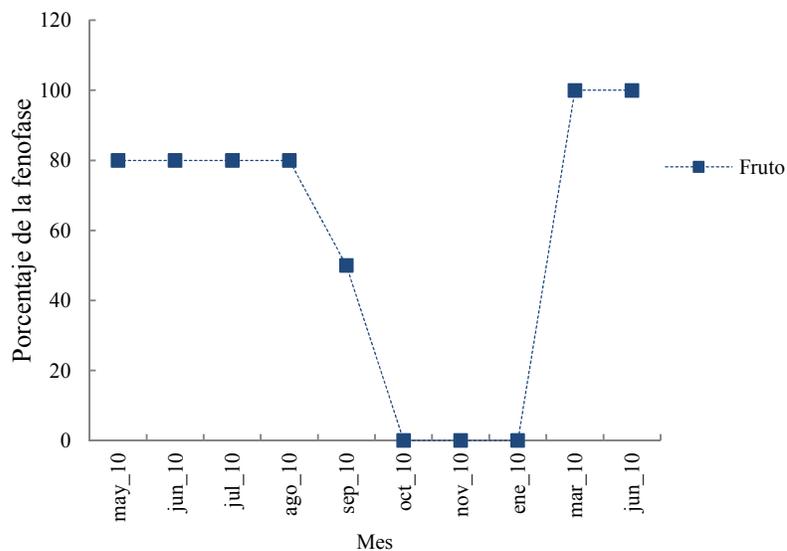


Figura No.17 Patrón de fructificación medio del Naranjillo (*Zanthoxylum acuminatum*) de mayo de 2010 a junio de 2011, en el Biotopo del Quetzal.

8.2 Variaciones temporales de la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del Quetzal

La mayoría de especies nutricias presentaron frutos durante un periodo específico que se prolongo entre dos y cinco meses. Sin embargo, se observaron algunas especies (eg. Frutillo, Guatitum Rojo, Siete Camisas) que presentaron frutos la mayor parte del año, ya sea por producción constante de frutos o por la permanencia de frutos inmaduros por períodos prolongados. Esto provocó que durante la mayor parte del año hubiera presencia de frutos con un leve descenso de octubre a enero.

Se estimó la disponibilidad mensual de frutos de las plantas nutricias del Quetzal a través de la sumatoria de los porcentajes individuales de fructificación del total de plantas marcadas (223 individuos). A pesar de que este valor no representa el número total de frutos disponibles para el quetzal, refleja la abundancia relativa de frutos sobre los transectos de observación donde también se estudiaron frecuencias de avistamiento de quetzales.

En general, se observaron pocas diferencias en la disponibilidad de frutos a través del tiempo. Se diferenciaron tres períodos, uno de alta abundancia durante la época lluviosa (junio-septiembre 2010), otro de menor disponibilidad en la época seca (octubre 2010-enero 2011) y el comienzo de otro periodo de abundancia de marzo a junio de 2011 (Figura No.18). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los meses, exceptuando mayo y julio de 2010 (Kruskal Wallis $p < 0.05$).

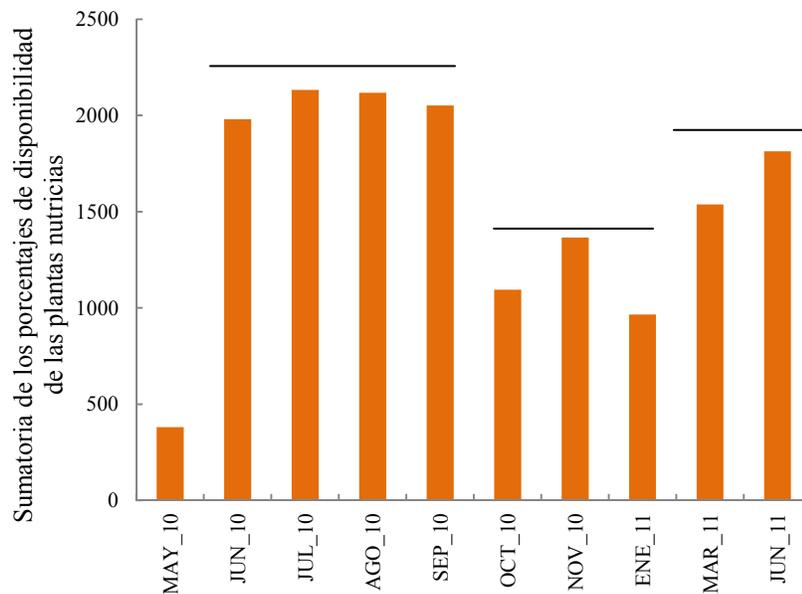


Figura No.18 Patrón de fructificación mensual del total de plantas nutricias del Quetzal, de junio de 2010 a junio de 2011, en el Biotopo del Quetzal. El porcentaje total de fructificación por mes se obtuvo mediante la sumatoria de los porcentajes de fructificación de todos los individuos estudiados.

En relación a la variación de porcentajes de disponibilidad dentro de los meses, la Figura No.19 muestra que el mes de mayo presentó mayor varianza de datos debido a que durante este mes todos los transectos presentaron porcentajes de disponibilidad menores de 25%, exceptuando el T7 que presentó una alta disponibilidad. Para el resto de los meses la varianza de los datos fue menor.

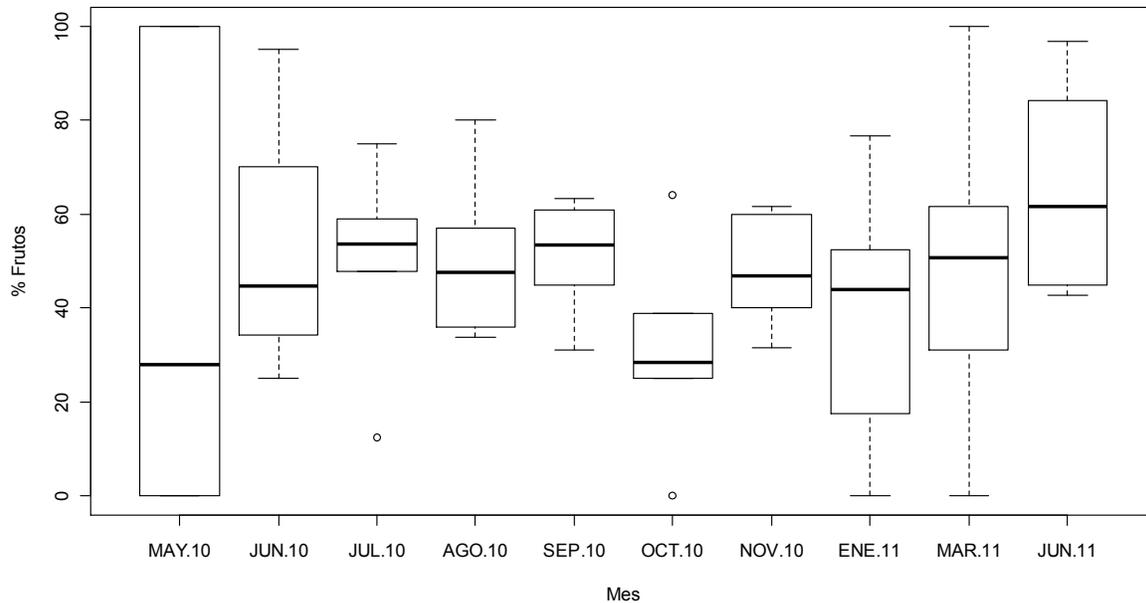


Figura No.19 Patrón de fructificación mensual del total de plantas nutricias del Quetzal, de junio de 2010 a junio de 2011, en el Biotopo del Quetzal. El porcentaje total de fructificación por mes se obtuvo mediante la sumatoria de los porcentajes de fructificación de todos los individuos estudiados.

Por otro lado, el nivel altitudinal Superior presentó los valores de disponibilidad de frutos más altos durante casi todo el año, seguido del nivel Inferior. Los porcentajes de disponibilidad más bajos se observaron en el nivel Medio de octubre a noviembre de 2010 (Figura No.20).

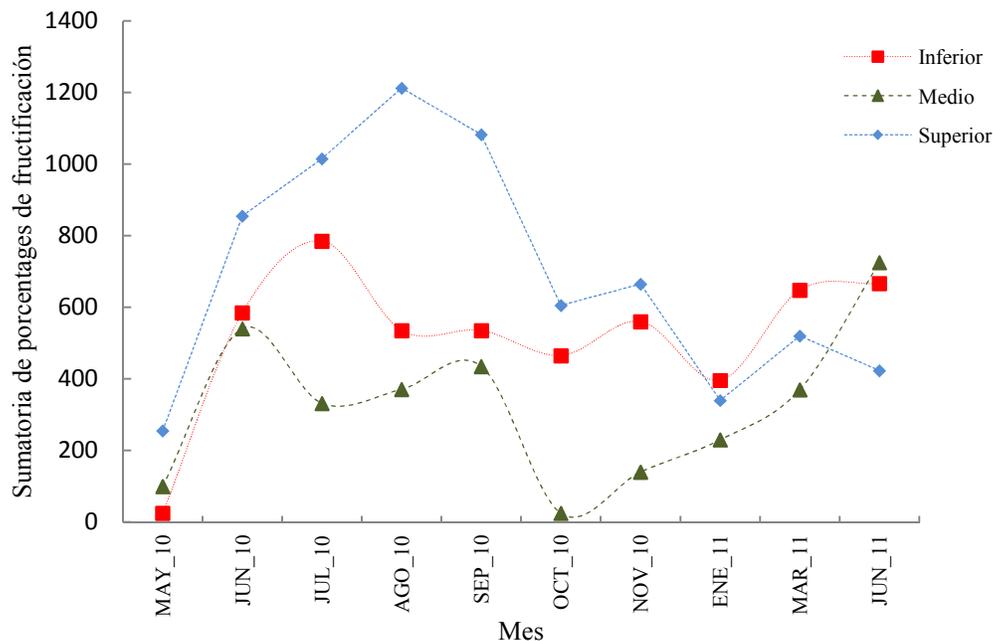


Figura No.20 Patrón de fructificación mensual por nivel altitudinal de las especies nutricias del Quetzal, junio de 2010 a junio de 2011, en el Biotopo del Quetzal. El porcentaje total de fructificación por nivel altitudinal se obtuvo mediante la sumatoria de los porcentajes de fructificación de todos los individuos estudiados para ese nivel altitudinal.

En cuanto a los transectos de muestreo, el No.3 fue el único en presentar diferencias significativas en relación al resto (Prueba de Comparaciones Múltiples después de Kruskal-Wallis, $p < 0.1$) y los porcentajes de disponibilidad más bajos (Figura No.21 y Figura No.22). El transecto No.1 presentó baja variabilidad de datos y los transecto 3 y 5 las varianzas más altas (Figura No.22). Los transectos del nivel Superior (No. 4 y No.5) y el transecto No.2 (nivel Inferior) presentaron los valores más altos de disponibilidad durante el año 2010, mientras que los transectos 2, 7, y 5 lo hicieron durante el 2011 (Figura No.22).

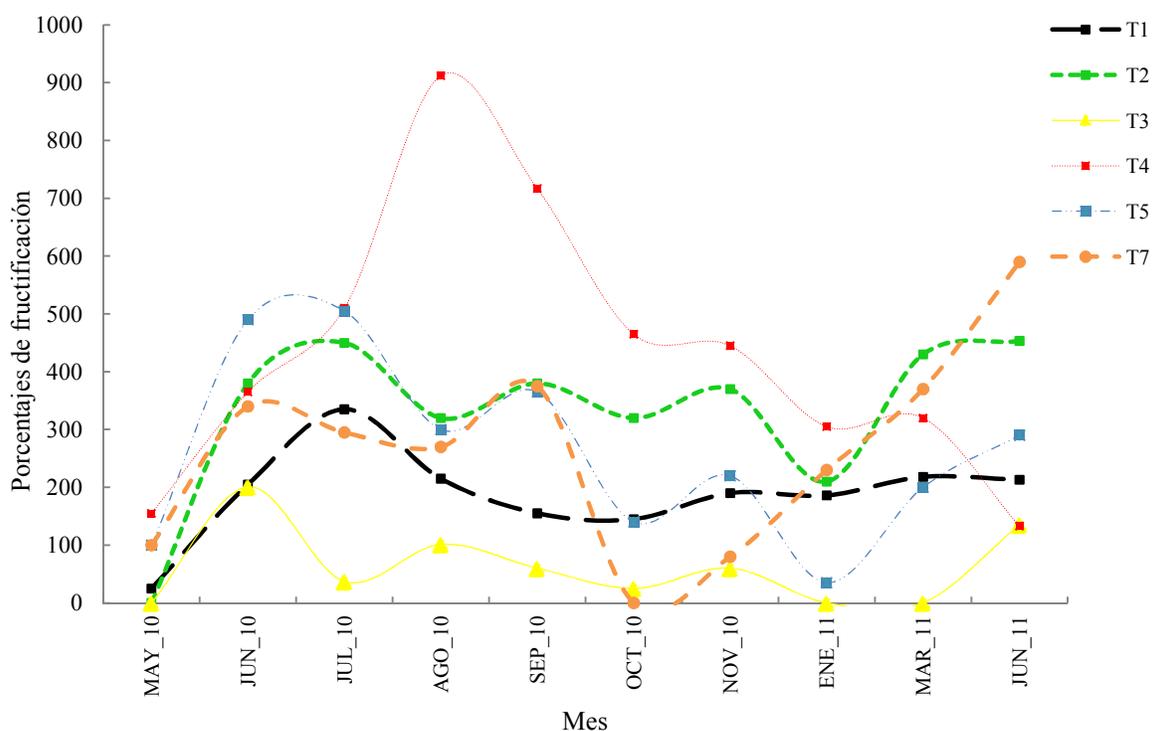


Figura No.21 Patrón de fructificación mensual por nivel altitudinal de las especies nutricias del Quetzal, junio de 2010 a junio de 2011, en el Biotopo del Quetzal. El porcentaje total de fructificación por nivel altitudinal se obtuvo mediante la sumatoria de los porcentajes de fructificación de todos los individuos estudiados para ese nivel altitudinal.

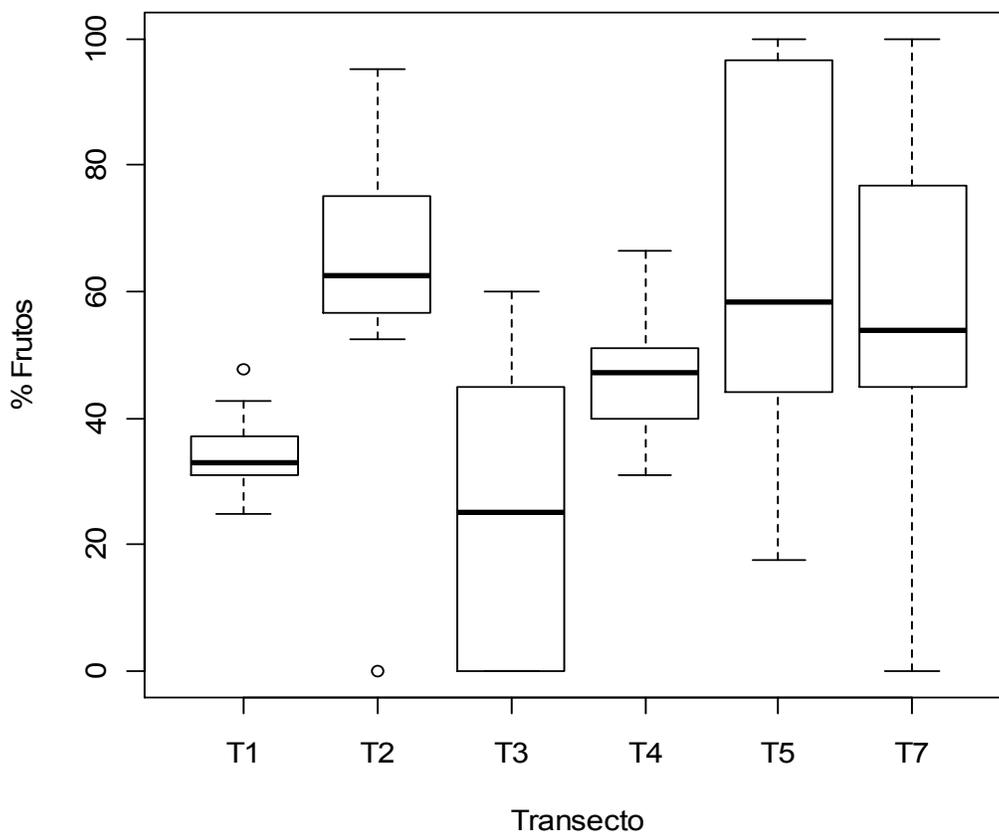


Figura No.22 Porcentaje de fructificación por transecto de muestreo, de junio de 2010 a junio de 2011, en el Biotopo del Quetzal. El porcentaje total de fructificación por nivel altitudinal se obtuvo mediante la sumatoria de los porcentajes de fructificación de todos los individuos estudiados para ese nivel altitudinal.

8.3 Frecuencias de avistamiento de quetzales y hábitos alimenticios

Durante los recorridos se registró un total de 29 quetzales. Se pudo determinar el sexo de 12 de ellos (9 machos y 7 hembras) (Tabla de resultados Anexo No. 1). Poco más de la mitad de los registros (55.17%) fueron a través de avistamientos directos, el resto se hizo a través de cantos. Durante los avistamientos se observó al quetzal en actividades como la alimentación (30% de los registros), cortejo (10%), descanso (50%), defensa de territorio (5%), entre otras. Las especies vegetales que se reportaron como alimento del ave durante los registros visuales fueron: Frutillo, Guarumo, Mora Silvestre, Guatitum Rojo y una nueva especie que no habían sido reportadas para el país, el Ciprecillo (*Podocarpus oleifolius* D. Don & Lamb. Además, se observó a un macho adulto alimentándose de larvas de mariposa sobre el Transecto No.1 el mes de septiembre de 2010.

Las frecuencias de avistamientos de quetzal fueron mayores de marzo a agosto de 2010 y de marzo a junio de 2011, coincidiendo con la época reproductiva de la especie que se desarrolla de febrero a julio. Durante la época inter-reproductiva el número de avistamientos se mantuvo comparativamente más bajo (Figura No.23).

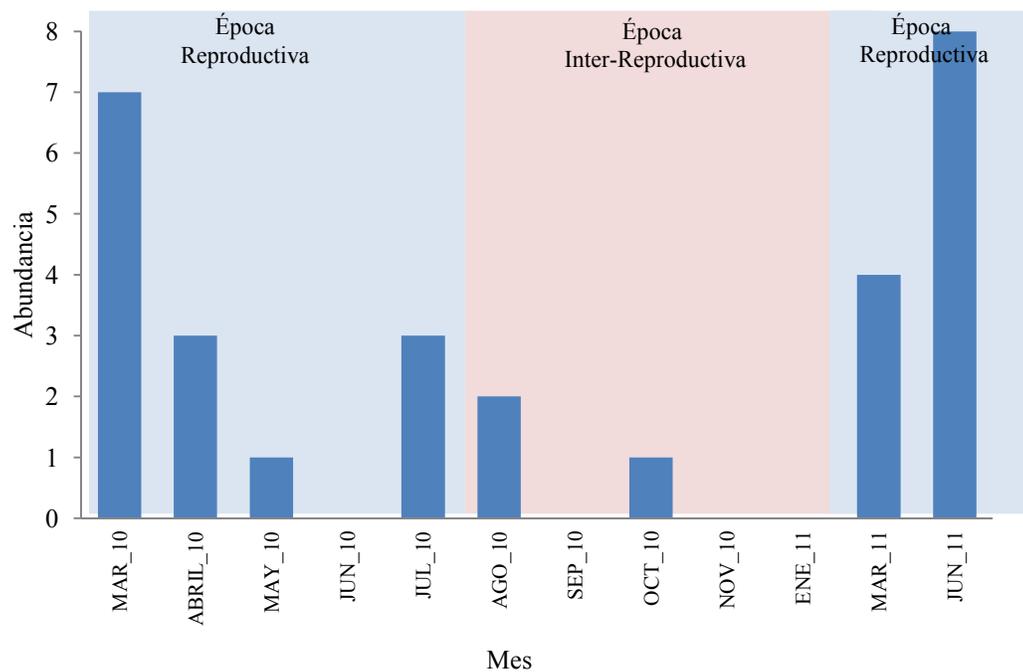


Figura No.23 Patrón general de abundancia relativa de quetzales de marzo de 2010 a junio de 2011 en el Biotopo del Quetzal.

En relación a los niveles altitudinales, se observó que durante la época reproductiva (febrero-julio) las abundancias fueron mayores en el nivel Superior (Figura No.24). Durante la época no reproductiva (julio-enero) las abundancias permanecieron relativamente bajas en los niveles Medio e Inferior y no se registró ningún individuo en el nivel Superior (Figura No.24). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas de entre los meses (Kruskal Wallis, $p < 1$).

Diferencias entre pisos a lo largo del tiempo.

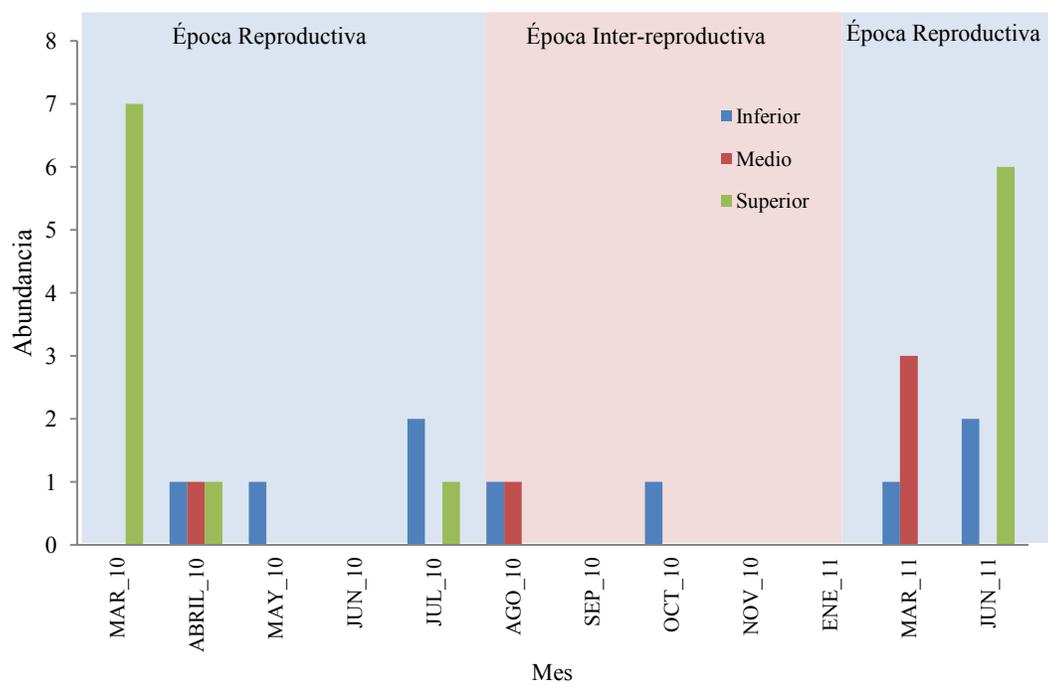


Figura No.24 Abundancia relativa de quetzales por nivel altitudinal en el Biotopo del Quetzal, de marzo de 2010 a junio de 2011.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Hábitos alimenticios del quetzal

Durante el estudio, el quetzal se alimentó principalmente de frutos de varios árboles y arbustos del lugar, lo cual concuerda con los datos de otros autores quienes afirman que la especie es predominantemente frugívora en edad adulta (Skutch, 1944, p.234; Wheelwright, 1983, p.289; Ávila, Hernandez, & Verlarde, 1996, p.723; Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000, p.723). Sin embargo, se observó a un macho adulto ingerir una larva de mariposa durante la época no reproductiva, lo cual es poco común ya que la ingesta de proteína animal suele ocurrir durante la época reproductiva con fines de alimentación de las crías (Skutch, 1944, 226; Wheelwright 1986, 226; Ávila, 1996, 723). Durante el estudio también se registró una nueva especie nutricia para el quetzal, *Podocarpus oleifolius* perteneciente a la familia Podocarpaceae.

A pesar de que el estudio no determinó las preferencias alimenticias del ave, se observó que varias especies tienen un papel importante en su dieta. El Frutillo, Cipresillo, Guarumo y Moras Silvestres, fueron alimentos importantes en relación a la frecuencia con la que se observó al ave alimentarse de ellos, tanto dentro como fuera de los transectos de muestreo.

Aunque varios autores describen a las diferentes especies de aguacatillos silvestres (Familia Lauraceae) como parte importante de la dieta del quetzal (Wheelwright, 1983, p.289; Skutch 1994, p.23; Ávila 1996, p.725; Paiz, 1996, p.37), no se registró a ningún individuo alimentarse de estos frutos, ni tampoco se observó a ningún espécimen de esta familia en fructificación. La razón por la cual estos especímenes no fructificaron no se conoce a fondo, pero pudo deberse al hecho de algunas especies de esta familia exhiben ciclos reproductivos bianuales (Wheelwright, Estrada, & Fleming, 1986, p.32, ;Roldán & Larrea, 2003, p.138) o a la posible pérdida de flores o frutos en crecimiento, como consecuencia de la lluvia de granizo ocurrida en abril de 2010.

Fenología de las plantas nutricias del quetzal

Generalmente, la fenología de las plantas se encuentra regulada por eventos como el tiempo de exposición a la radiación solar, los regímenes de precipitación, la temperatura; entre otros (Chapman, Wrangham, Chapman, Kennard, & Zanne, 1999, p.208; Morellato, Talora, Takahasi, Bencke, Romera, & Zipparro, 2000, p.820; Anderson, Nordheim, Moermond, GoneBi, & Boesch, 2005, p.637; Pangou & Bouki, 2011, p.57). Sin embargo, algunos fenómenos naturales también pueden afectar e interrumpir los ciclos fenológicos de las plantas (e.g. Fenómeno del Niño y la Niña, heladas, inundaciones; entre otros) (Wright, Carrasco, Calderon, & Paton, 1999, p.1643;). En este caso, la lluvia de granizo, ocurrida el mes de abril de 2010, provocó la defoliación, pérdida de tallos y caída de flores y frutos de la vegetación del Biotopo. Por ello, se considera que la baja disponibilidad de frutos registrada el mes de mayo de 2010, en especial en los niveles altitudinales medio e inferior, se debió principalmente a la ocurrencia de este fenómeno, explicando además las diferencias observadas para estos meses en comparación con el resto y las encontradas entre el Transecto No.3 y el resto de transectos.

Al parecer, la distribución y abundancia de las plantas nutricias del quetzal no es homogénea a lo largo del gradiente de elevación, ya que se registraron especies exclusivas de uno o dos de los niveles en estudio. Estas observaciones concuerdan con los resultados obtenidos del análisis de la vegetación realizado a partir de los datos generados por García (1998), según el cual, la vegetación arbórea del Biotopo cambia a lo largo del gradiente diferenciándose en tres niveles altitudinales. Estas diferencias de distribución de las especies nutricias podrían tener implicaciones en la disponibilidad espacio temporal de alimento y a su vez afectar la distribución local de quetzales a lo largo del gradiente.

La mayoría de especies nutricias presentaron frutos durante un periodo específico del año. Sin embargo, se observaron algunas especies (eg. Frutillo, Guatitum Rojo, Siete Camisas) que presentaron frutos la mayor parte del año, lo cual es típico de muchas especies de árboles y arbustos de los bosques nubosos, que mantienen frutos inmaduros por períodos

largos de hasta cinco meses o que producen frutos varias veces al año (Koptur, Haber, Frankie, & Baker, 1988, p.337).

En general, los resultados muestran variación en la disponibilidad de frutos a través del tiempo e identifican el periodo de mayor disponibilidad en la época lluviosa (marzo a septiembre), coincidiendo con los datos obtenidos para otros bosques nubosos y bosques tropicales húmedos (Koptur, Haber, Frankie, & Baker, 1988, p.333; Villasana & Suárez, 1997, p.18; Roldán & Larrea, 2008, p.137).

En relación a los patrones de fructificación por nivel altitudinal, los datos muestran que la disponibilidad suele ser ligeramente mayor en el nivel superior la mayor parte del año. Sin embargo, la producción de frutos, al parecer, ocurre más o menos al mismo tiempo entre los niveles altitudinales, mostrando mayor disponibilidad durante la época lluviosa. No obstante, los resultados no son concluyentes y para determinar con mayor certeza las posibles variaciones espaciales y temporales de disponibilidad de frutos a lo largo del gradiente de elevación del Biotopo será necesario realizar el muestreo en un área más amplia incluyendo la mayor cantidad de especies nutricias del ave.

Variaciones de abundancia relativa de quetzales a lo largo del gradiente de elevación

Los datos obtenidos revelan variaciones en la abundancia de quetzales a través del tiempo y muestran un claro descenso a finales del año; lo que sugiere la realización de movimientos altitudinales de por lo menos una porción de la población hacia sitios de menor elevación u otros parches de bosque cercanos. Conclusiones similares fueron obtenidas por País (1996, p.92) y Barrios (En preparación) quienes mediante la técnica de radio-telemetría, registraron movimientos altitudinales de quetzales fuera del Biotopo a finales del año. Así mismo, otros autores han observado la reducción del número de registró de quetzales en sus hábitats reproductivos los últimos meses del año, apuntando a movimientos altitudinales estacional de la especie (Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000, p.530; Renner,2005, p.83).

Los resultados también muestran que la abundancia relativa de quetzales es mayor en las partes altas del Biotopo durante la primera porción del año, posteriormente estas disminuyen y se mantienen relativamente bajas en los tres niveles y finalmente, decrecen hasta un punto en que no se registra ningún individuo por varios meses en todo el Biotopo. Resultados análogos fueron obtenidos en la Montaña de Talamanca en Costa Rica (García-Rojas, 1996, p.332), donde se registró mayor abundancia de quetzales a mayores altitudes y en Sierra Yalijux, Baja Verapaz, en la cual el número de registros de quetzales se redujo a cero los últimos meses del año (Renner, 2005, p.83). Esto sugiere que los cambios de abundancia relativa de quetzales pueden ocurrir de forma paulatina a lo largo del gradiente de elevación del Biotopo, evidenciando el descenso de los individuos hacia otros sitios.

Como ha sido observado por otros autores (Powell & Bjork, 1994, p.166; Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000, p.530), la abundancia de quetzales y la disponibilidad de frutos fueron mayores durante la época reproductiva de la especie. Estos datos apoyan la idea de que el ciclo de vida de los quetzales está relacionado, en cierta medida, con la disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias y que actividades tan importantes como la búsqueda de pareja, construcción de nidos, crianza de los pichones, entre otros; se realizan en el periodo de mayor abundancia de frutos posiblemente debido a que en esta época se requiere mayor cantidad de energía para realizar dichas actividades.

Relación de los cambios de abundancia de quetzales a lo largo del gradiente de elevación con los cambios de disponibilidad de frutos de las plantas de las que se alimenta

Los resultados obtenidos sugieren cierta relación entre los cambios de abundancia de quetzales y las fluctuaciones en la disponibilidad de frutos dentro del área de estudio. En relación a esto, se ha observado que los periodos de mayor disponibilidad de frutos suelen coincidir con los periodos en los cuales se capturan u observan mayor cantidad de aves frugívoras o que incluyen en su dieta un alto porcentaje de frutos (Kimura, 2003, p.121; Loiselle & Blake, 1991, p.187). Asimismo, se ha observado que las aves que realizan

movimientos altitudinales, como el quetzal, suelen movilizarse a sitios en los cuales las abundancias de frutos son mayores (Loiselle & Blake, 1991, P.187).

Además, se observó que los ciclos de producción de frutos de varias especies de plantas nutricias mostraron cierta asociación con los patrones de abundancia relativa de quetzales dentro del área [(Guatitum (*Ardisia rarescens*), Guarumo (*Cecropia peltata*), Palo de Sana (*Clethra suaveolens*), Guatitum Rojo (*Parathesis sessilifolia*) y Siete Camisas (*Zinowiewia tacanensis*)]. El hecho de que no todas las especies muestren asociación con el patrón de abundancia relativa de quetzales no significa que no tengan algún efecto sobre su comportamiento estacional pues forman parte de su dieta a lo largo del año y contribuyen a la buena salud de los especímenes del lugar.

En este caso, a pesar de que los resultados sugieren cierta relación entre ambos factores, estos no son concluyentes. Por ello, para determinar con certeza el efecto de la disponibilidad de frutos sobre los movimientos altitudinales estacionales del quetzal, será necesario obtener más información sobre la distribución espaciotemporal del alimento tomando en cuenta los hábitats reproductivos y de migración de la especie y estudiando la mayor cantidad de especies nutricias posibles. Además de la disponibilidad de alimento, deben tomarse en cuenta otros factores climáticos (regímenes de precipitación, temperatura, humedad), espaciales (movimientos entre parches de bosque y entre hábitats) y ecológicos (cambios de abundancia de animales de los que se alimenta) para determinar con mayor certeza dicha relación.

Conservación del quetzal en el área de estudio

Los datos indican que la especie es predominante frugívora y que la abundancia de los frutos de los que se alimenta en su área reproductiva decrece a finales del año. Esto implica que las partes bajas del Biotopo y los bosques a menores altitudes aledaños al Biotopo son de gran importancia para la sobrevivencia de la especie. Desafortunadamente, la deforestación causada por una amplia variedad de actividades antropogénicas (tala ilegal, uso excesivo del suelo, cacería, agricultura, entre otros) están provocando la pérdida estos

bosques (Islebe & Veliz, 2001, p.239), reduciendo la abundancia y diversidad de alimento para el ave. Por ello, es necesario implementar estrategias y programas de conservación sustentables de los sitios reproductivos y de migración del quetzal, promover la conservación de los remanentes de bosques a menores altitudes y la creación de Corredor Biológicos que permitan los movimientos de los quetzales a través del paisaje.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 El Frutillo, Guarumo y las Moras Silvestres, tienen un papel importante en la dieta del quetzal, ya que la especie los ingiere con frecuencia.
- 10.2 Los patrones de producción de frutos del Guatitum (*Ardisia rarescens*), Guarumo (*Cecropia peltata*), Palo de Sana (*Clethra suaveolens*), Guatitum Rojo (*Parathesis sessilifolia*) y Siete Camisas (*Zinowiewia tacanensis*) mostraron correlación con los patrones de abundancia de quetzales dentro del área de estudio, evidenciando la importancia de estas especies en la supervivencia de la especie.
- 10.3 Al parecer, la distribución y abundancia de las plantas nutricias del quetzal no es homogénea a lo largo del gradiente de elevación lo cual puede tener implicaciones en la disponibilidad espacio temporal de alimento del ave.
- 10.4 Se identificaron dos períodos de disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del quetzal; un periodo de mayor disponibilidad en la época lluviosa (marzo a septiembre) y uno de menor disponibilidad durante la época seca (octubre a febrero).
- 10.5 Se observó mayor disponibilidad de frutos en el nivel altitudinal superior que comprende de los 2,120 msnm a los 2,290 msnm.
- 10.6 La abundancia de quetzales varía a lo largo del año y a través del gradiente. Se observa mayor abundancia en el nivel superior la mayor parte del año y un claro descenso en toda el área a finales del año; lo que sugiere la realización de movimientos locales de por lo menos una porción de la población hacia sitios a menores altitudes.
- 10.7 La abundancia de quetzales y la disponibilidad de frutos fueron mayores durante la época reproductiva de la especie lo cual sugiere que el ciclo reproductivo de los quetzales está relacionado con la disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Continuar con el estudio de la fenología de las plantas nutricias del quetzal, en un área más amplia, tomando en cuenta la mayoría de especies nutricias del ave y monitoreándolas tanto en áreas de reproducción como de migración, con el fin de determinar con mayor certeza los cambios espacio temporales de disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias y sus implicaciones en los movimientos altitudinales de la especie.
- 11.2 Se recomienda que las actividades de reforestación de las áreas pertenecientes al Corredor Biológico del Bosque Nuboso y otras aledañas al Biotopo se realice utilizando especies nativas del lugar, en especial aquellas que tengan importancia alimenticia para el quetzal.
- 11.3 Fortalecer el sistema de educación ambiental en el área con el fin de fomentar la conservación del quetzal y su hábitat.
- 11.4 Promover la conservación del Corredor Biológico del Bosque Nuboso y de los parches de bosque aledaños al Biotopo del Quetzal con el fin de proveer sitios adecuados para la realización de movimientos altitudinales de los quetzales del lugar.
- 11.5 Se recomienda la creación de viveros forestales en los cuales se cultiven especies nativas del lugar incluyendo especies nutricias del quetzal.

12. REFERENCIAS

Anderson, D. P., Nordheim, E. V., Moermond, T. C., Ganebi, Z. B., & Boesch, C. (2005). Factors Influencing Tree Phenology in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *Biotropica*, 37 (4), 631-640.

Ávila, M. L., Hernandez, V. H., & Verlarde, E. (1996). The Diet of Resplendent Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*: Trogonidae) in a Mexican Cloud Forest. *Biotropica*, 28 (4), 720-727.

Barrios, M. (en preparación). Evaluación de la población de quetzales (*Pharomachrus mocinno mocinno* de la Llave) en el Biotopo del Quetzal y sus movimientos estacionales a través del paisaje. Conserjo Nacional de Ciencia y Tecnología. Guatemala.

Chapman, C. A., Wrangham, L. J., Chapman, L. J., Kennard, D. K., & Zanne, A. E. (1999). Fruit and Flower phenology at two sites in Kibale. *Journal of Tropical Ecology*, 15, 189-211.

CONAP (2001). Listado de Especies de Fauna Silvestre Amenazadas de Extinción (Lista Roja de Fauna). Recuperado el 15 de julio de 2011, de <http://www.conap.gov.gt>.

Ericson, G. P., Anderson, C., Britton, T., Elzanowski, A., Johansson, U., Kallersjo, M., y otros. (5 de 5 de 2006). *Biology Letters*. Recuperado el 15 de agosto de 2011, de <http://www.journals.royalsoc.ac>.

Espinosa de Los Monteros, A. (1998). Phylogenetic relationships among the trogons. *The Auk*, 115 (4), 937-954.

Fournier, L. A., & Charpantier, C. (1975). El tamaño de la muestra y la frecuencia de observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, 25, 45-48.

García, B. L. (1998). *Estudio del dosel de la selva nublada del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal "Lic. Mario Dary Rivera"*. Guatemala: Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Hackett, S., Kimbal, R. T., Reddy, S., Bowie, R. C., Braun, E. L., Braun, M. J., y otros. (15 de Junio de 2008). *Science*. Recuperado el 15 de Agosto de 2011, de www.sciencemag.org

Harshman, J. (15 de julio de 2008). *Tree of Life Web Project*. Recuperado el 15 de agosto de 2011, de <http://tolweb.org/Trogonidae/26426/2008.06.27>

Islebe, G., & Veliz, M. (2001). Guatemala. En M. Kappelle, & A. Brown, *Bosques Nublados del Neotrópico* (pág. 659). Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: InBio.

Johansson, U. S., & Ericson, P. G. (2004). A re-evaluation of basal phylogenetic relationships within trogons (Aves: Trogonidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* , 43 (2), 166-173.

Kappelle, M. (2006). *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest*. San Jose, Costa Rica: Springer-Verlang.

Kimura, K. (2003). A tropical montane forest in Borneo as a source of fruit supply for frugivorous birds. *Glob Environ Res* , 113-122.

Koptur, S., Haber, W., Frankie, G., & Baker, H. (1988). Phenological studies of shrubs and treelet species in tropical cloud forest of Costa Rica. *Jornall of tropical ecology* , 4 (4), 323-346.

LaBastille, A., Allen, D. G., & Durrell, L. W. (1972). Behavior and feather structure of the Quetzal. *The Auk* , 89, 339-348.

Levey, D. J. (1988). Spatial and temporal variation in costa rican fruit and fruit-eating bird abundance. *58 (4)*, 251-269.

Loiselle, B., & Blake, J. (1991). Temporal variation in Birds and Fruits Along an Elevational Gradient in Costa Rica. *Ecology* , 72 (1), 180-193.

Morellato, P. C., Talora, D., Takahasi, A., Bencke, C., Romera, I., & Zipparro, V. (2000). Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. *Biotropica* , 32 (4b), 811-823.

Paiz, M.-C. (1996). *Migraciones Estacionales del Quetzal (Pharomachrus mocinno mocinno de la Llave) en la Región de la Sierra de las Minas, Guatemala y sus implicaciones en la Conservación de la Especie*. Tesis de Licenciatura, Universidad del Valle. Guatemala.

Pangou, V., & Bouki, T. (2011). Influence of climate on the yearly fluctuations of flowering of *Pterocarpus soyauxii* Taubert. at Mayombe in Congo. *Journal of Plant Science* , 2 (3), 46-59.

Powell, G. V., & Bjork, R. D. (1994). Implications of altitudinal migration for conservation strategies to protect tropical biodiversity: a case study of the Resplendent Quetzal *Pharomachrus mocinno* at Monteverde, Costa Rica. *Bird Conservation International* , 4, 161-174.

Renner, S. C. (2005). The Resplendent Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) in the Sierra Yalijux, Alta Verapaz, Guatemala. *J. Ornithol* , 146, 79-84.

Roldán, A., & Larrea, D. (2008). Fenología de 14 especies arbóreas y zoócoras. *Ecología en Bolivia* , 38 (2), 125-140.

Skutch, A. F. (1944). Life History of the Quetzal . *The Condor* , 46 (5), 213-235.
Solórzano, S., & Oyama, K. (2010). Morphometric and molecular differentiation between quetzal subspecies. *Biol. Trop.* , 58 (1), 357-371.

Solórzano, S., Castillo, S., Valverde, T., & Ávila, L. (2000). Quetzal Abundance in Relation to Fruit Availability in a Cloud Forest in Southeastern Mexico. *Biotropica* , 32 (3), 523-532.

Solórzano, S., Garcia-Juarez, M., & Oyama, K. (2009). Genetic diversity and conservation of the Resplendent Quetzal *Pharomachrus mocinno* in Mesoamerica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* , 80, 241-248.

Ticktin, T. (2003). Relationships between El Niño Southern Oscillation and Demographic Patterns in a Substitute Food for Collared Peccaries in Panama. *Biotropica* , 35 (2), 189-197.

IUCN (2009). IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2009.1. Recuperado el 15 de Agosto de 2011, de <http://www.iucnredlist.org>.

Villasana, R., & Suárez, A. (1997). Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la reserva forestal Imataca estado Bolívar - Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* , 41 (1), 13-21.

Wheelwright, N. T. (1983). Fruits and the Ecology of Resplendent Quetzals. *The Auk* , 100, 286-301.

Wright, J., Carrasco, C., Calderon, O., & Paton, S. (1999). The El Niño Southern Oscillation, variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology* , 80 (5), 1632-1647.

Zamora, N., Jiménez, Q., & Poveda, L. (2004). *Arboles de Costa Rica* (Vol. III). Costa Rica: InBio.

13. ANEXOS

No.1 Datos de avistamientos de quetzal dentro del Biotopo del Quetzal de marzo de 2010 a mayo de 2011.

Año	Mes	Día	Transecto	Punto	Hora	Abundancia	Sexo		Canto	Avistamiento
							♂	♀		
2010	marzo	27	4	15	11:16	6	4	2	X	X
2010	marzo	28	5	11	08:56	1		1		X
2010	abril	20	2	8	08:08	1			X	
2010	abril	21	7	6	07:38	1			X	
2010	abril	22	4	4	07:27	1			X	
2010	mayo	23	1	4	06:35	1			X	
2010	julio	19	5	12	08:27	1			X	
2010	agosto	23	7	13	06:11	1			X	
2010	agosto	24	2	11	08:23	1			X	
2010	julio	20	2	6	07:05	2	2			X
2010	octubre	26	1	8	07:33	1		1		X
2011	marzo	10	7	10	07:04	2	1	1	X	X
2011	marzo	15	1	13	09:38	1			X	
2011	junio	10	4	2	08:07	1		1	X	X
2011	junio	10	4	3	08:22	3	1			X
2011	junio	10	4	11	10:19	2	1	1	X	X
2011	marzo	18	3	11	09:02	1			X	
2011	junio	7	1	1	06:37	1			X	
2011	junio	14	2	7	08:44	1			X	
					Totales	29	9	7		



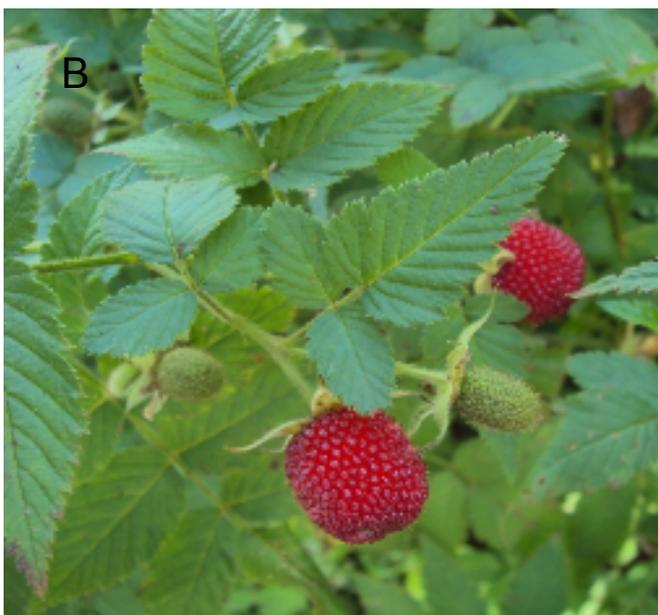
Anexo No.1 Fotografías de la Oreja de Burro (*Clusia salvinii*). A) Estado vegetativo de la especie. B) Frutos a medio madurar. C) Frutos verdes.



Anexo No.2 Fotografías del Guatitum blanco (*Synardisia venosa*). A) Frutos verdes. B) Flores. C) Frutos a medio madurar.



Anexo No.3 Fotografías del Palo Amarillo (*Rhamnus capreaefolia*). A) y B) Frutos. C) Follaje.



Anexo No.4 Fotografías de Mora Silvestre (*Rubus* sp). En ambas fotografías se observan los frutos de la especie.



Anexo No.5 Fotografías del Palo de Sana (*Clethra suaveolens*). A) y C) individuos con botones de flor y flores. B) muestra el follaje de la especie.



Anexo No.6 Fotografías del Siete Camisas (*Zinowiewia tacanensis*). A) y C) Follaje de la especie. B) Botones y Flores.



Anexo No.7 Fotografías del Guatitum Canche (*Parathesis leptota*) (A) Follaje. B) y C) Frutos.



Anexo No.8 Fotografías del Guatitum Rojo (*Parthesis sessilifolia*). A) y C) Botones de flor y flores. B) Frutos.



Anexo No.9 Fotografías del naranjillo (*Zanthoxylum procerum*). A) y B) Follaje. C) Frutos.



Anexo No.10 Fotografías del Frutillo (*Cornus disciflora*). A) Frutos, B) Inflorescencias y C) Follaje.



Anexo No.11 Fotografías del Guarumo (*Cecropia peltata*).



Anexo No.12 Fotografía del follaje del Zapotillo (*Prunus brachybotrya*).



Anexo No.13 Quetzal alimentándose de Frutillo (*Cornus disciflora*) en el Biotopo del Quetzal, enero 2011.

Br. Michelle Bustamante
Estudiante de tesis
Escuela de Biología,
Universidad de
San Carlos de Guatemala.

Lic. Manuel Barrios Izas
Asesor de tesis

Lic. Claudio Méndez
Revisor de tesis
Docente de la Escuela de
Biología, Universidad de San
Carlos de Guatemala.

Ph.D. Sergio Melgar
Director Escuela de Biología,
Universidad de San Carlos de
Guatemala.