

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**Dirección General De Investigación**  
**Programa Universitario De Investigación en Recursos Naturales y Ambiente**

**INFORME FINAL DE INVESTIGACION 2010**

**Fenología de las plantas nutricias del quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno* de La Llave) y su efecto sobre la abundancia de quetzales en el Biotopo del Quetzal y Corredor Biológico del Bosque Nuboso, Baja Verapaz**

**Equipo de Investigación:**

Diego Juárez Sánchez (Coordinador)  
Manuel Barrios Izás (Investigador)  
Michelle Bustamante Castillo (Auxiliar de Investigación)

Guatemala, diciembre del 2010

**Instituciones participantes y co-financiantes:**

Centro de Datos para la Conservación y Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal "Mario Dary Rivera" del Centro de Estudios Conservacionistas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## AGRADECIMIENTOS

Al Licenciado Pedro Pardo por su ayuda en la identificación de las especies nutricias del Quetzal dentro del Biotopo del Quetzal.

A los Biólogos Victoria Ríos, Luisa Ranchos, Bianca Bosarreyes y Diego Elías por su ayuda en la toma de datos de fenología de plantas nutricias y toma de datos de abundancia de Quetzales.

A la Licda. Mayra Oliva, Directora del Biotopo del Quetzal, por su apoyo incondicional al desarrollo del proyecto.

A los guardarecursos del Biotopo del Quetzal, en especial a Don Filiberto Herrera, Don Matías Xól Quej, Don Pedro Tení Caal, Don Abundio López, Don Isaías Ayú Juc y Don Oscar René por su apoyo en la toma de datos de fenología de plantas nutricias y abundancia de Quetzal en el Biotopo del Quetzal.

Al señor Fredy Carillas, Educador Ambiental del Biotopo del Quetzal, por su apoyo en la realización de los talleres de educación ambiental.

A la Lic. Mercedes Barrios y al Lic. Claudio Méndez por su asesoría y apoyo al proyecto.

A los Biólogos Jorge Jiménez y Rosario Rodas por su colaboración en la identificación de especímenes botánicos.

**Como citar este documento:** Bustamante, M., M. Barrios y D. Juárez. 2010. Fenología de las plantas nutricias del quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno* de La Llave) y su efecto sobre la abundancia de quetzales en el Biotopo del Quetzal y corredor Biológico del Bosque Nuboso, Baja Verapaz. Informe final de Investigación. Centro de Estudios Conservacionistas - Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## INDICE GENERAL

1. RESUMEN.....	01
2. INTRODUCCION.....	02
3. ANTECEDENTES	
3.1 Historia Natural del Quetzal.....	03
3.1.1 Relaciones filogenéticas de los Trogones.....	03
3.1.2 Ecología del Quetzal.....	04
3.1.3 Comportamiento reproductivo.....	04
3.2 Estado de conservación.....	05
3.3 Corredor Biológico del Bosque Nuboso.....	05
3.4 Fragmentación del paisaje y sus consecuencias en la conservación de la biodiversidad.....	06
3.5 Los ciclos fenológicos y su efecto sobre la migración de las aves.....	07
4. JUSTIFICACION.....	08
5. OBJETIVOS.....	09
6. METODOLOGÍA	
6.1 Área de estudio.....	10
6.2 Estimación de la abundancia de Quetzales.....	11
6.3 Fenología de las plantas nutricias del Quetzal.....	12
6.4 Análisis de datos.....	13
7. PRESENTACION DE RESULTADOS	
7.1 Selección de los transectos de monitoreo.....	14
7.2 Fenología de las plantas nutricias.....	15
7.3 Fenología de las plantas nutricias y su relación con la abundancia de Quetzales.....	32
7.4 Análisis de la vegetación.....	35
8. DISCUSION.....	35
9. CONCLUSIONES.....	37
10. RECOMENDACIONES.....	37
10. BIBLIOGRAFIA.....	38
11. ANEXOS.....	43

## INDICE DE ILUSTRACIONES

		Página No.
Figura 1.	Análisis de conglomeración de la cobertura arbórea del Biotopo del Quetzal por niveles de elevación. Tx...n: número del transecto, el valor después del punto indica la elevación (eg. 18 es igual a 1800 msnm).	14
Figura 2.	Mapa de ubicación de los transectos de monitoreo dentro del Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	15
Figura 3.	Daños causados por la lluvia de granizo en el Biotopo del Quetzal el 17 de abril del 2010. A) Defoliación de arbustos del sotobosque, B) Aumento de la capa de hojarasca producto de la defoliación, C) Inflorescencias de <i>Cornus disciflora</i> en el suelo y D) Frutos de <i>Clusia sp.</i> en el suelo.	16
Figura 4.	Porcentaje de plantas nutricias del Quetzal con frutos en los transectos de estudio del mes de mayo al mes de noviembre del 2010. Líneas: negra: nivel inferior, roja: nivel medio y azul: nivel superior.	17
Figura 5.	a) Regresión Múltiple del porcentaje de plantas nutricias con fruto con relación a la abundancia del Quetzal y b) Frecuencia del porcentaje de plantas nutricias con frutos (1 al 7) y abundancia de Quetzales (Q) en escala logarítmica de base 10.	18
Figura 6.	Patrón fenológico promedio de la Oreja de Burro ( <i>Clusia salvini</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	22
Figura 7.	Patrón fenológico promedio del Guatitum blanco ( <i>Parathesis leptopa</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	23
Figura 8.	Patrón fenológico del Palo Amarillo ( <i>Rhamnus capreaefolia</i> ) T2_PN37 de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	24
Figura 9.	Patrón fenológico promedio de la mora silvestre ( <i>Rubus sp.</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	25
Figura 10.	Patrón fenológico promedio del Palo de Sana ( <i>Clethra suaveolens</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	26
Figura 11.	Patrón fenológico promedio del Siete Camisas ( <i>Zinowiewia tacanensis</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	27
Figura 12.	Patrón fenológico promedio del Guatitum canche ( <i>Parathesis sp.</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	28
Figura 13.	Patrón fenológico promedio del Guatitum Rojo ( <i>Parathesis sp.</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	29
Figura 14.	Patrón fenológico promedio del Guarumo ( <i>Cecropia peltata</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	30
Figura 15.	Patrón fenológico promedio del Frutillo ( <i>Corunus disciflora</i> ) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.	31
Figura 16.	a) Relación entre la abundancia de Quetzales (Línea verde) y el porcentaje de plantas nutricias con presencia de frutos (Línea roja) en	33

	el Biotopo del Quetzal. b) Relación entre de la abundancia de Quetzales y el porcentaje de plantas nutricias con frutos correlacionadas con la abundancia de Quetzales.	
Figura 17.	Análisis de agrupamiento de las plantas nutricias del Quetzal en el Biotopo del Quetzal.	34

### INDICE DE CUADROS

		Pagina No.
Cuadro 1.	Número de individuos por especie y ubicación por nivel de elevación de las plantas nutricias del quetzal seleccionadas para realizar la toma de datos de fenología reproductiva.	19
Cuadro 2.	Código y ubicación de los especímenes fértiles utilizados para registrar los patrones fenológicos de las especies nutricias del quetzal en el Biotopo de Quetzal, Baja Verapaz.	20

## 1. RESUMEN

El Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) es una especie endémica regional que se distribuye en los bosques nubosos desde el sudeste de México hasta el norte de Panamá. Se ha reportado que las poblaciones de México y Costa Rica realizan migraciones altitudinales relacionadas con la temporada reproductiva y la fenología de sus plantas nutricias. Estas migraciones implican desplazamientos desde sus hábitats de cría ubicados entre los 1,200 a 2,400 msnm hasta los 850 msnm. Varios autores han sugerido que estos desplazamientos guardan relación con cambios en la disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias; principalmente.

En el presente estudio se analizó la fenología de las plantas nutricias del Quetzal y las abundancias de los Quetzales. Los objetivos del estudio fueron 1) Describir la fenología de las plantas nutricias del quetzal en un paisaje fragmentado y a lo largo de un gradiente altitudinal en el Biotopo del Quetzal y Corredor Biológico del Bosque Nuboso, 2) Determinar la relación de la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del quetzal con la abundancia de quetzales en un paisaje fragmentado y a lo largo de un gradiente altitudinal, 3) Determinar el efecto del tipo de uso de suelo en la estructura y composición de las plantas nutricias del quetzal en un paisaje fragmentado y a lo largo de un gradiente altitudinal en el Biotopo del Quetzal y Corredor Biológico del Bosque Nuboso y 4) Fortalecer la estrategia de conservación del quetzal y su hábitat dentro del Corredor Biológico del Bosque Nuboso.

En este estudio se generó información sobre los cambios de abundancia de quetzales a través del tiempo dentro de los límites del Biotopo y sobre los patrones fenológicos de 17 especies de plantas nutricias de las que se alimenta el quetzal con el fin de analizar su posible interrelación. Se determinó la relación entre algunas de las plantas nutricias con las abundancias de los Quetzales y además se encontró que la mayor abundancia de Quetzales ocurre en los sitios de anidamiento durante la temporada reproductiva, posterior a la temporada reproductiva se determinó que ocurre una disminución en la abundancia de los sitios de anidamiento y se un aumento en la abundancia en sitios de menor elevación.

Finalmente, se recomienda implementar políticas de desarrollo compatibles con el medio ambiente dentro de las instituciones de gobierno y de la sociedad civil, especialmente por el impacto económico que tiene en la región el ecoturismo y aviturismo.

**Palabra Clave:** *Pharomachrus mocinno*, abundancias, plantas nutricias, fenología.

## 2. INTRODUCCION

El Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) es una especie endémica regional que se distribuye desde el sur de México hasta el norte de Panamá. Es una especie importante para el país a nivel ecológico, económico y simbólico (Paiz, 1996; IUCN, 2009.[www.cites.org/eng/app/appendices.s.html](http://www.cites.org/eng/app/appendices.s.html)). Su principal amenaza la constituye la pérdida de su hábitat, los bosques nubosos, y la destrucción de los valles que utiliza durante su migración (Paíz, 1996; Martínez, 1996; Wheelwright, 1983).

Los quetzales son aves que realizan migraciones altitudinales locales posterior a la temporada reproductiva. Estas migraciones implican desplazamientos desde sus hábitats de cría ubicados entre los 1,200 a 2,400 msnm hasta sitios que alcanzan los 850 msnm, en los que permanecen por varios meses después de su reproducción. Durante su migración suelen desplazarse de 5 a 25 km. El factor aparente que determinan estos movimientos está determinado por los cambios en la disponibilidad de frutos de sus plantas nutricias y con cambios en las condiciones ambientales generales de los sitios de anidación incluyendo cambios en (Solorzano *et al.* 2000; Wheelwright, 1983).

Debido a que son aves bastante móviles suelen utilizar varios tipos de hábitat para su subsistencia por lo que para su conservación se hace necesario proteger grandes extensiones de bosque. En el caso del Biotopo del Quetzal, al ser un área protegida relativamente pequeña (1,153 ha) y al rango altitudinal que abarca (1,500-2,348 msnm) probablemente no es capaz de sostener durante todo el año a la población de quetzales que anida dentro de sus límites, por lo que seguramente la mayor parte de los individuos de la población migran hacia sitios aledaños en busca de alimento. Este desplazamiento, fuera de los límites del BUCQ, podría reflejarse en una disminución de la cantidad de individuos presentes en el área en cierta época del año y en una marcada tendencia de los individuos a desplazarse a otras áreas fuera del Biotopo. En este estudio se generó información sobre los cambios de abundancia de quetzales a lo largo de un gradiente de elevación en un ciclo anual en el Biotopo del Quetzal y su relación con los patrones fenológicos de 17 especies de plantas nutricias de las que se alimenta el Quetzal.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Historia Natural del Quetzal

##### 3.1.1 Relaciones filogenéticas 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). 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; FEB, 2003). 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* (Sibley y Alquist, 1990).

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 *et al.* 2008) y se estima que se diversificaron en el paleoceno-eoceno (Ericson *et al.* 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 y Ericson, 2004; Espinosa de Los Monteros, 1998).

Debe considerarse que la mayor radiación de las neoaves ocurre al final del cretácico y que la separación entre Paleognathae y Neognathae se estima que ocurrió hace 177 millones de años y que el período de mayor diversificación de las angiospermas ocurrió entre el cretácico temprano y tardío. Eventos como la radiación de las angiospermas y eventos vicariantes suponen la radiación de otros grupos taxonómicos mayores como los insectos (Farrel y Mitter, 1996), hongos (Blagoderov y Grimaldi, 2004; Grimaldi y Blagoderov, 2002) y mamíferos (Yuanqing *et al.* 2007).

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). Tradicionalmente se han reconocido dos subespecies, *Ph. mocinno mocinno* y *Ph. mocinno costaricensis*, la primera subespecie se distribuye desde Chiapas hasta Nicaragua y la segunda subespecie 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). Estudios genéticos y morfológicos recientes, sugieren que ambas



subespecies puedan ser dos especies distintas (Solórzano *et al.*, 2009; Solórzano y Oyama, 2009; Solórzano *et al.* 2004); así mismo no se ha demostrado el intercambio genético entre las poblaciones de Quetzal de Nicaragua y Costa Rica (Powell y Bjork, 1994).

### 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 con mayor disponibilidad de alimento. Powell y Bjork (1994) describen las migraciones altitudinales 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.

La abundancia de Quetzales está asociada con la disponibilidad de frutos (Solórzano *et al.*, 2000; Powell y Bjork, 1994; Weelwright, 1983) de las plantas de las que se alimentan. Los Quetzales se consideran importantes dispersores de semillas de árboles 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. Los frutos de los árboles de la familia Lauraceae constituyen el principal alimento de los Quetzales (refs.); 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; Weelwright, 1983).

### 3.1.3 Comportamiento reproductivo

En los Quetzales la época reproductiva ocurre durante un período determinado del año. La época reproductiva se puede resumir 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; Solórzano *et al.* 2000; Skutch, 1944) e inmediatamente inicia el cortejo. Inicialmente los Quetzales machos realizan algunos cantos mediante los cuales delimitan sus territorios y atraen a las hembras (La Bastille *et al.* 1972). 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 (observaciones personales). 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. 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.

### **3.2 Estado de conservación**

A pesar de ser una de las pocas especies centroamericana en el apéndice I de CITES, lo que le otorga una estricta protección y la prohibición total de su comercio, el único país que cuenta con poblaciones estables y abundantes de quetzales es Costa Rica. Esto se debe a una combinación de causas tanto naturales (Costa Rica tiene muchas zonas montañosas con hábitat idóneo para esta especie) como antropogénicas (la protección efectiva de su hábitat en numerosos parques nacionales y reservas privadas). En los demás países de la región, incluida Guatemala, los quetzales siguen desapareciendo de muchas montañas, debido a la conversión de los bosques nubosos en cultivos anuales (flores, papas, repollos, zanahorias, etc), cultivos permanentes (cafetales), y potreros para una ganadería extensiva de baja productividad (Ramírez, 2005).

En muchas ocasiones el problema más grave se da con la destrucción de las áreas en donde los quetzales se desplazan fuera de la temporada de cría, ya que estos valles y montañas relativamente bajas son lugares más accesibles para los asentamientos humanos, los cultivos y las vías de acceso (Paiz, 1996).

El Quetzal es una especie importante ecológicamente pues es un dispersor de semillas, principalmente de las plantas de la familia Lauraceae, una de las familias de plantas dominantes en los bosques nubosos. También es importante para la sociedad guatemalteca como símbolo de libertad y soberanía; siendo el símbolo nacional con el que la mayoría de guatemaltecos se identifica (Paiz, 1996). Además, tiene mucha importancia económica pues es uno de los mayores atractivos turísticos como ave endémica de la región siendo el principal motivo por el cual el BUCQ es visitado anualmente.

### **3.3 Corredor Biológico del Bosque Nuboso**

Este corredor se origino como parte de la iniciativa del programa regional del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), que pretende conservar la diversidad biológica y de ecosistemas, a la vez que se fomente el desarrollo económico y social del área de una manera sustentable. El corredor tiene una extensión total de 28,638,950 ha, incluyendo nueve comunidades, ocho reservas naturales privadas (2,622,726 ha) y dos bosques municipales bajo protección (3,200 ha). El corredor biológico, junto con los dos segmentos de bosque nuboso que une, forman el área mas grande de Centro América con este tipo de vegetación (Grajeda *et al*, 2006).

Dentro de los límites del corredor se pueden encontrar áreas con cobertura forestal para conservación estricta, sistemas agroforestales, cultivos con cobertura forestal (cardamomo, café, pacaya y otros), plantaciones forestales para aprovechamiento e inclusive cultivos tradicionales como maíz y papa. La consolidación de este corredor se

vio favorecida por la configuración y composición del paisaje ya que se estima que es necesario para permitir los movimientos y migraciones de individuos que contribuyen al intercambio genético entre poblaciones (Martínez, 2003).

Debido a la variedad de hábitats naturales y productivos que se encuentran dentro de la zona, otro de los fines principales del corredor es impulsar el desarrollo económico de las comunidades y propietarios privados, por medio de actividades productivas alternativas a las que se han estado haciendo, que sean amigables y compatibles con el ambiente. Por lo tanto, se pretende mantener un uso sustentable de los recursos naturales, por parte de los comunitarios de la zona, dentro de un paisaje que contiene un mosaico de hábitats, desde pastizales y sitios de cultivo hasta relativamente grandes parches de bosque nuboso primario.

Los objetivos de conservación para flora y fauna del BUCQ y del Corredor Biológico del Bosque Nuboso RBSM/BUCQ.

1. Proteger una muestra representativa del bosque nuboso de Guatemala, incluyendo las especies de flora y fauna características de este tipo de ecosistema (Bastarrechea, 2000).
2. Contribuir a la proyección del quetzal (*Pharomachrus mocinno*) mediante la conservación de su hábitat, el bosque nuboso (Bastarrechea, 2000).
3. Mantener la conectividad entre dos segmentos de bosque nuboso, la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas y el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal (Grajeda *et al.* 2006).

### **3.4 Fragmentación del paisaje y sus consecuencias en la conservación de la biodiversidad**

La fragmentación de los bosques, además de provocar la pérdida de hábitat, incrementa el aislamiento de los fragmentos y de los organismos que los habitan. En la actualidad, el aislamiento entre fragmentos, aparte de valorar su distancia, también debe incluir el grado y el tipo de conectividad. Desde esta perspectiva, el objetivo del estudio de la configuración del paisaje y sus repercusiones en la dinámica de las poblaciones animales es plantear algunas condiciones que contribuyan a reorientar el trabajo de protección y manejo de la biodiversidad, a revisar el papel y la importancia de los corredores y de los criterios para su viabilidad y diseño desde un enfoque de paisaje (Ochoa, 2008).

La deforestación produce fragmentos de bosque de diferente tamaño, forma y grado de aislamiento y con cierta cantidad de borde. Estos fragmentos quedan rodeados de una matriz de tierras agrícolas o con otros usos del suelo o de vegetación. La fragmentación repercute en distinto grado sobre la dinámica de las poblaciones y comunidades naturales. En algunos casos está ligada a la extinción de organismos, ya que puede promover el incremento de la depredación, el parasitismo o la entrada de especies incompatibles o causar aislamiento genético (Ochoa, 2008).

La migración de organismos de un fragmento a otro los obliga a atravesar matrices con diversos hábitats intermedios. La matriz puede ser inhóspita de forma variable, en función de las características de las especies y de la matriz misma. Una matriz de vegetación arbustiva favorece el movimiento de mamíferos pequeños, comparada con la de un pastizal (Quintana *et al.* 1992). La presencia de corredores dentro de estas matrices favorece la migración de los organismos. El funcionamiento de estos corredores depende de sus características estructurales como la relación borde/interior que presenta, la complejidad de la vegetación que sustenta y la continuidad con su conectividad (Ochoa, 2008).

Debido a todas estas implicaciones una prioridad para la conservación de la biodiversidad es, y debe continuar así, el mantener, restaurar o crear conectividad entre los hábitats naturales. Aunque el papel y relevancia de los corredores en la conservación de la biodiversidad se ha evaluado y demostrado, su diseño, creación y mantenimiento requieren el conocer las características de cada sitio de estudio y de las especies que lo habitan por lo que el desarrollo de investigación al respecto es indispensable (Ochoa, 2008).

### **3.5 Los ciclos fenológicos y su efecto sobre la migración de las aves**

La fenología se refiere al estudio del ciclo de floración y fructificación de las especies vegetales. Su primordial interés es el de estudiar en qué momento y bajo qué condiciones las plantas llevan a cabo su proceso de reproducción sexual. Con respecto a la migración de especies animales, las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento determinan grandemente los ciclos de vida de las especies que dependen de este. Esa dependencia a la fenología del alimento es muy marcada para 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.

La producción de frutos varía temporalmente y espacialmente en diferentes tipos de hábitat y generalmente, los picos de mayor disponibilidad en tiempo y espacio corresponden a picos en abundancia de aves en esos momentos en los diferentes lugares (Levey, 1988; Rosselli, 1989; Loiselle & Blake, 1991). Loiselle y Blake (1991) realizaron muestreos de tres sitios a lo largo de un gradiente altitudinal (50, 500 y 1000 msnm) por un año completo comparando picos de abundancia de frutos y aves de sotobosque y encontraron que estos correspondían exactamente. De esa manera, se explica la presencia de esas aves en altitudes diferentes a lo largo del año y explica las migraciones para esas especies.

#### 4. JUSTIFICACION

La falta de conocimiento sobre la ecología y estructura de las poblaciones de flora y fauna conlleva al mal diseño de planes de manejo y conservación de las especies (Martínez, 1996). a pesar de que el quetzal es una de las pocas especies centroamericanas en el apéndice I de CITES (CITES, 2009) y de su importancia ecológica, económica y simbólica, son escasos los estudios científicos que se han realizado sobre la especie en nuestro país. Debido a esto, en la actualidad, no se cuenta con suficiente información que permita la elaboración de planes de manejo adecuados para la conservación de la especie y su hábitat (Grajeda *et al*, 2006).

Por su parte, el Quetzal es una especie frugívora altamente móvil que realiza migraciones altitudinales para su subsistencia, debido principalmente a la estacionalidad de su alimento, desplazándose desde su hábitat de cría en el núcleo de los bosques nubosos a valles y planicies por debajo de los 650 msnm, donde se alimenta de frutos silvestres característicos de bosques semidecídúos y premontanos (Martínez, 1996). Como consecuencia, las poblaciones de quetzales requieren de la utilización de grandes áreas de bosque para su subsistencia. En este sentido, diversos estudios realizados en otros países como México y Costa Rica han demostrado claramente la necesidad de reorientar las medidas de conservación de la especie ya que las unidades de conservación no son lo suficientemente grandes coma para protegerla, mostrando la necesidad de fomentar corredores naturales entre unidades de conservación (Avila, M, 1992). Es por esto que para lograr el diseño de áreas de conservación adecuadas para el quetzal se requiere idealmente, la inclusión de diferentes tipos de hábitats y recursos que la especie utiliza durante todo el año y no únicamente establecer grandes áreas que protejan un solo tipo de hábitat (Stiles, 1988; Stiles & Clark, 1989; Powell y Bjork, 1995).

De aquí que sea importante el estudio de los patrones fenológicos de las plantas nutricias del Quetzal y sus diferencias respecto a distintos pisos altitudinales que puedan explicar los patrones de movimiento circadianos y migratorios temporales de la especie.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Evaluar el efecto espacio-temporal de la producción de frutos de las plantas nutricias del quetzal sobre la abundancia de quetzales en un paisaje fragmentado con el fin de generar información que contribuya a la conservación del quetzal en el Biotopo del Quetzal y Corredor Biológico del Bosque Nuboso.

### **5.2 Específicos**

Describir la fenología de las plantas nutricias del quetzal en un paisaje fragmentado y a lo largo de un gradiente altitudinal en el Biotopo del Quetzal y Corredor Biológico del Bosque Nuboso.

Determinar la relación de la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del quetzal con la abundancia de quetzales en un paisaje fragmentado y a lo largo de un gradiente altitudinal.

Determinar el efecto del tipo de uso de suelo en la estructura y composición de las plantas nutricias del quetzal en un paisaje fragmentado y a lo largo de un gradiente altitudinal en el Biotopo del Quetzal y Corredor Biológico del Bosque Nuboso.

Fortalecer la estrategia de conservación del quetzal y su hábitat dentro del Corredor Biológico del Bosque Nuboso

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Área de estudio

El Biotopo Universitario para la conservación del quetzal está ubicado en la parte central del país, entre los municipios de Purulhá y Salamá, al noroeste de la sierra Chuacús, en el departamento de Baja Verapaz (90°13'15" y Longitud 15°13'0"). Abarca 1,017 ha de bosque nuboso primario alrededor de los cuales se sitúa la zona de amortiguamiento con una extensión de 5,241 ha. Además de ella se encuentran fragmentos de bosque nuboso en diferentes estados de sucesión así como campos de cultivo, pastizales y sitios deforestados. 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).

Según la clasificación de Holdridge, el BUCQ presenta dos tipos de zonas de vida; Bosque Pluvial Montano bajo subtropical y Bosque muy húmedo subtropical frío. 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 incluye principalmente helechos, musgos, líquenes, orquídeas y tillandsias. Por su parte, el Bosque muy húmedo subtropical frío que se encuentra en una pequeña zona al extremo este de la reserva representado por varias especies de coníferas, principalmente por *Pinus tenuifolia* (Ponciano & Glick, 1980). La vegetación del biotopo esta 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. (García 1998).

El punto más bajo de esta área es de 1,500 msnm y el más alto de 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).

Los mamíferos son relativamente escasos (excepto los cricétidos y quiropteros), aunque el número de especies presentes en el Biotopo es cercano a 25. En su mayoría son especies pequeñas (roedores, 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 deppoi*, conejo *Sylvilagus floridanus*. Otras especies que están presentes en el área son: Zaraguate, *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).

Para el lugar se han reportado 150 especies de aves incluyendo tanto residentes como 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).

## **6.2 Estimación de la abundancia de Quetzales**

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

6.2.1. Selección de niveles de elevación: El área de estudio de estudio se dividió en tres niveles de elevación en base al análisis de vegetación:

Bajo: 1,670 msnm-1,880 msnm

Medio: 1,920 msnm-2,080 msnm

Superior: 2,120 msnm,-2,300 msnm (Figura No.2)

Para el análisis de vegetación se digitalizaron los datos obtenidos por García (1998), se ordenaron en una matriz de especies por transecto/altitud y se realizó una análisis de Conglomerados UPMGA.

6.2.3. Trazado de los transectos de muestreo: Se trazaron y elaboraron dos transectos de muestreo de aproximadamente 1km de largo sobre cada piso altitudinal, para un total de seis transectos y recorrido total de 6kms. 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.

6.2.4. Muestreo de abundancia de quetzales: los transectos se recorrieron una vez por mes de febrero a Noviembre de 2010, durante el periodo de mayor actividad de la especie (de 06:00 hasta aproximadamente 10:00 a.m.). Se muestreo 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 un quetzal y a qué distancia del punto se encontraba dentro de un radio de 50 m. Durante el recorrido se anotó el número de punto de conteo, la hora, el número de individuos observados o escuchados y cuando fue posible el sexo de los individuos. Se registró además, la actividad que realizaba cada individuo (por ejemplo: perchando, volando, vocalizando, alimentándose, entre otros). Los datos fueron anotados en las boletas de toma de datos diseñadas para este fin.

### **6.3 Fenología de las plantas nutricias del Quetzal**

Los aspectos fenológicos evaluados fueron la presencia de floración y fructificación. Para ello, se utilizó el método descrito por (Fournier 1974), trabajando en este caso con porcentaje de presencia de cada fenofase.

6.3.1 Selección de las especies nutricias: se seleccionaron 17 especies que han sido reportadas como especies nutricias del quetzal (ver: Paiz 1996, Garcia 1998, Solorzano 2,000, Barrios M. *et al.* en ejecución).

6.3.2 Selección de individuos: se seleccionaron las plantas que estuvieran distribuidas a lo largo de los seis transectos de muestreo que también fueron utilizados para establecer la abundancia relativa de quetzales. Las plantas seleccionadas podían estar ubicadas dentro del transecto o a un lado de estos pero su copa debía poderse observar con facilidad para poder ser estudiada.

6.3.3 Marcaje de individuos: cada individuo fue marcado utilizando una placa metálica, en la cual se colocó un código individual por planta que incluía el número de transecto y el número de planta nutricia dentro del transecto (por ejemplo, el individuo No.1 dentro del Transecto No.1 se marcó con el código T1- PN1). Los datos de cada planta fueron anotados en una libreta de campo y posteriormente se agregaron a la boleta de monitoreo del estado fenológico mensual de cada individuo. Para cada individuo se tomaron datos de altura, DAP, ancho y forma de la copa.

6.3.5 Registro de datos: mensualmente, de mayo de 2010 a noviembre de 2010, se registró el estado fenológico de cada individuo en estudio. Con la ayuda de binoculares (10x42), se determinó el estado fenológico en el que se encontraban de la siguiente manera: Estéril (carente de estructuras reproductivas), Botones de Flor, Floración y Fructificación. A continuación, se calculó el porcentaje de cada fase fenológica en relación a la totalidad de la copa. Cuando la planta se encontró en fructificación se registró el porcentaje de frutos verdes y el porcentaje de frutos maduros. En el caso de las plantas que presentaron dos o más fenofases (Ejemplo: Botones de flor y Flores),

calculamos el porcentaje de cada fase en relación a la totalidad de la copa. El registro de los datos se llevo a cabo en boletas diseñadas para dicha actividad Para cada transecto se creo una boleta de toma de datos en la cual se describió la posición de cada planta para facilitar su reubicación.

Para cada especie se promediaron los porcentajes de presencia de cada fenofase por mes y se graficaron.

Para medir la fenología de las plantas nutricias del Quetzal se seleccionaron las especies de plantas que están descritas en la literatura como plantas nutricias del Quetzal (García, 1998; Paíz, 1996); además de entrevistas con los guardarecursos del Biotopo del Quetzal. Posteriormente se marcaron dentro de los transectos de avistamiento las plantas nutricias y se midió el DAP y la altura.

Los monitoreos de la fenología se realizaron mensualmente y se estimo el porcentaje de primordios florales, flores y frutos.

#### **6.4 Análisis de datos**

Para analizar los patrones de fenología de las plantas nutricias se realizaron análisis de tendencias a través de la proyección de los resultados en gráficas de curvas. Para determinar si existía diferencia significativa entre los transectos o entre los meses se realizaron Análisis de Varianza y Pruebas de Tuckey.

El análisis de la abundancia de los Quetzales se realizó a través de la elaboración de un modelo lineal generalizado, esto permitió apreciar la tendencia de la curva de predicción.

Posteriormente se proyectó la curva de predicción de la abundancia de Quetzales con la curva general del porcentaje de plantas nutricias del Quetzal con presencia de frutos; ambos conjuntos de datos se transformaron a una escala logarítmica y se realizó una regresión a través de un Modelo Lineal Generalizado (GLM).

Para reducir el efecto que tuvo la lluvia de granizo sobre los porcentajes de plantas nutricias con flor, se realizó nuevamente un GLM pero solamente con las plantas que estaban correlacionadas con la abundancia de Quetzales. Para determinar la correlación entre las plantas y a la abundancia de Quetzales, se realizó una regresión múltiple por medio de un Modelo Aditivo Generalizado (GAM). Por último, se realizó se obtuvo el coeficiente de correlación entre las frecuencias de las plantas nutricias con

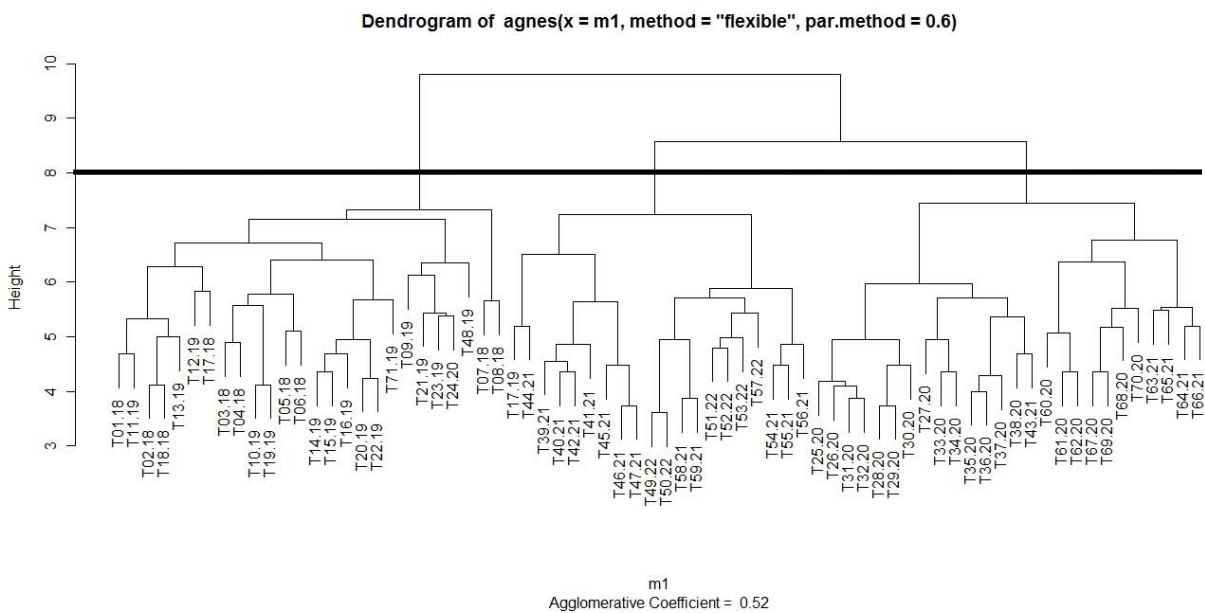
frutos que no fueron afectadas drásticamente por la lluvia de granizo y la abundancia de Quetzales.

Por último, se realizó un análisis de conglomerados UPMGA de las plantas nutricias del Quetzal para determinar si existía algún patrón de distribución.

## 7. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 7.1 Selección de los transectos de monitoreo

Considerando en que los cambios en la composición y estructura de los arboles de un bosque ocurren en períodos a largo plazo, se analizó el ensamble de especies a partir de los datos generados por García (1998), quien identificó la cobertura arbórea por niveles de elevación.

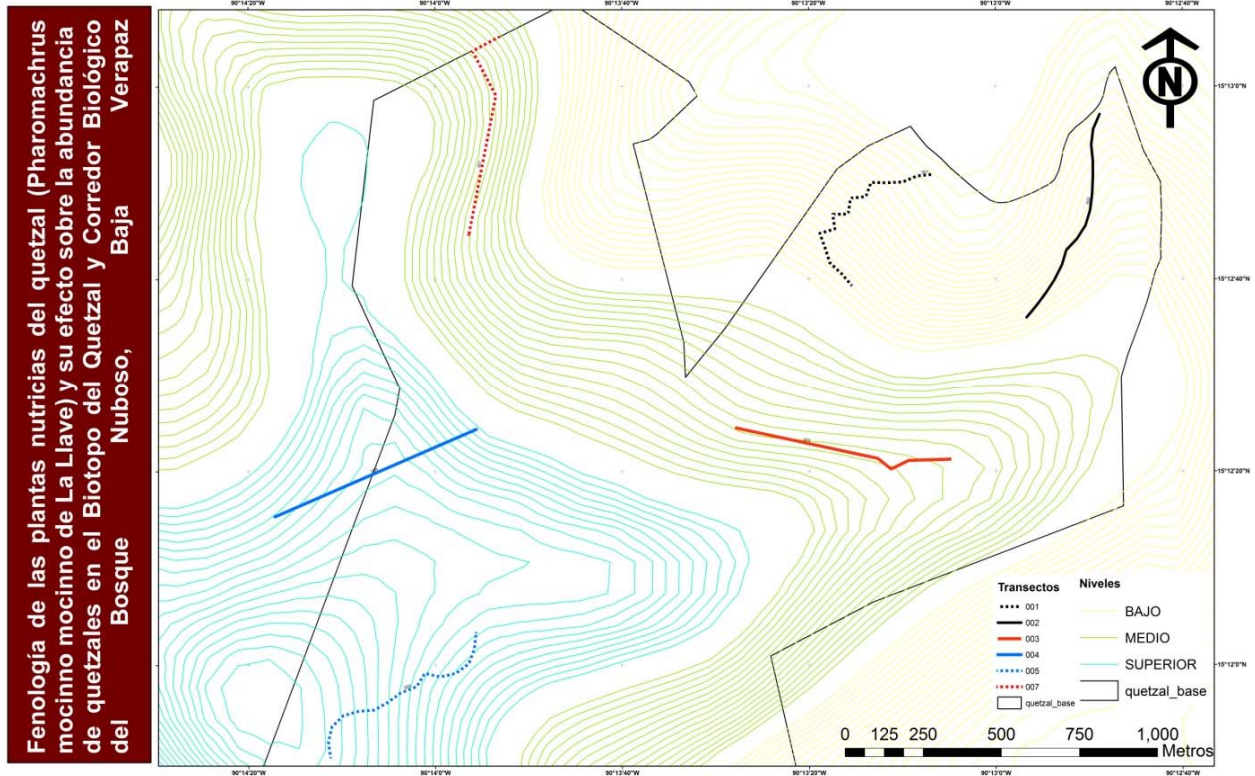


**Figura 1.** Análisis de conglomeración de la cobertura arbórea del Biotopo del Quetzal por niveles de elevación. Tx...n: número del transecto, el valor después del punto indica la elevación (eg. 18 es igual a 1800 msnm)

En el análisis de conglomerados de la figura 1, se pueden apreciar tres niveles de elevación con características similares en cuanto a la vegetación y los puntos en los que los cambios de la vegetación ocurren (similitud del 80%).

Con base al análisis de conglomerados se distribuyeron los transectos de muestreo 1 y 2 entre los 1680 a los 1850 msnm, los transectos, los transectos 3 y 7 entre los 1960 y

2020 msnm y los transectos 4 y 5 entre los 2120 y 2290 msnm (ver figura 2). Esto nos permitió registrar los cambios en la fenología de las plantas nutricias, dentro de un análisis de comportamiento fenológico a lo largo de un gradiente de elevación.

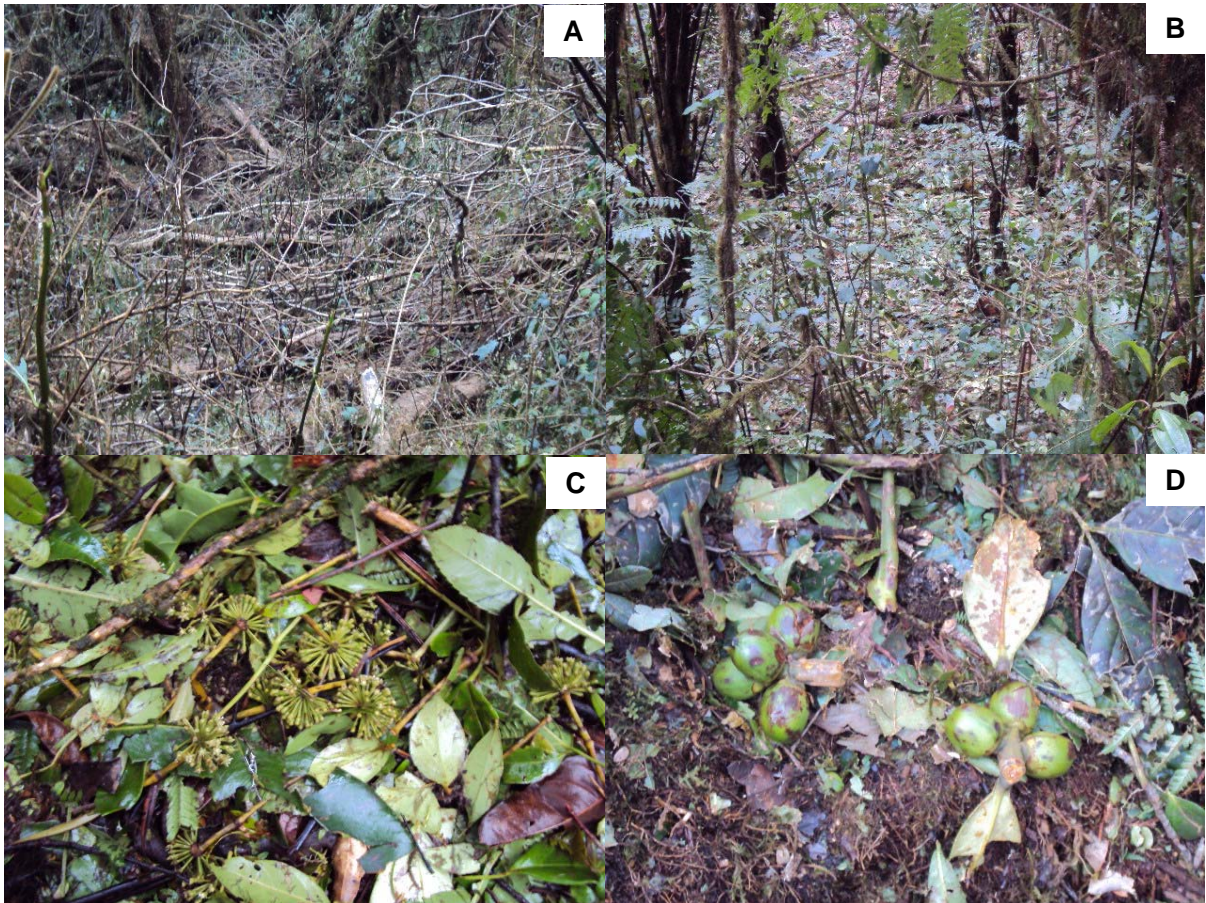


**Figura 2.** Mapa de ubicación de los transectos de monitoreo dentro del Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

## 7.2 Fenología de las plantas nutricias

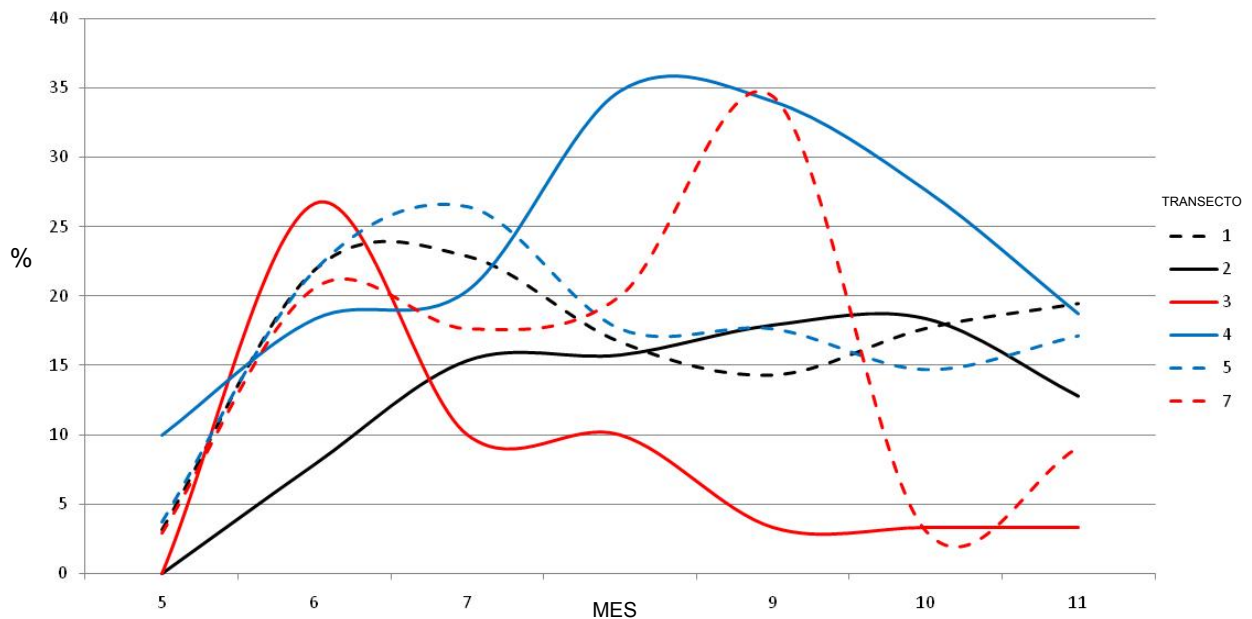
La fenología de las plantas, por lo general se encuentra reguladas por eventos como el tiempo de exposición a la radiación solar, los regímenes de precipitación, las interacciones con otras especies; entre otros. Sin embargo, algunos fenómenos naturales también pueden afectar e interrumpir los ciclos fenológicos (e.g. Fenómeno del Niño y la Niña, heladas, inundaciones; entre otros). En el Biotopo del Quetzal al inicio del estudio ocurrió una lluvia de granizo que dejó una capa de granizo en el suelo de aproximadamente 30 centímetros y que botó una gran cantidad de hojas, flores y frutos de los árboles, por lo que la fenología de las plantas nutricias del Quetzal se vio afectada (ver figura 3).





**Figura 3.** Daños causados por la lluvia de granizo en el Biotopo del Quetzal el 17 de abril del 2010. A) Defoliación de arbustos del sotobosque, B) Aumento de la capa de hojarasca producto de la defoliación, C) Inflorescencias de *Cornus disciflora* en el suelo y D) Frutos de *Clusia sp.* en el suelo.

En la figura 4, se aprecia que durante el mes de mayo las plantas nutricias del Quetzal poseen una baja cantidad de frutos y en los meses posteriores se da un aumento acelerado y a excepción del mes de mayo, todos los transectos presentan plantas nutricias con presencia de frutos, estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Solorzano *et al.* (2009) sobre la fenología de las plantas nutricias del Quetzal en la Reserva El Triunfo, en la Sierra Madre Sur Chiapas, Mexico. El origen en el patrón en el descenso o aumento de producción de frutos nos es posible determinarlo con certeza, ya que como se mencionó anteriormente puede responder a los ciclos ambientales regulares y características del terreno o al impacto causado por la lluvia de granizo.



**Figura 4.** Porcentaje de plantas nutricias del Quetzal con frutos en los transectos de estudio del mes de mayo al mes de noviembre del 2010. Líneas: negra: nivel inferior, roja: nivel medio y azul: nivel superior.

Se determinó, bajo un panorama general de las unidades de muestreo, que no se observa ninguna diferencia significativa entre los meses de junio a noviembre (Tuckey,  $p > 0.05$ ) y el mes de mayo con respecto a octubre y noviembre, dichas diferencias solamente se pudieron apreciar entre el mes de mayo con respecto a los meses de junio a septiembre (ANOVA,  $p = 0.0076$ ; Tuckey  $p < 0.05$ ).

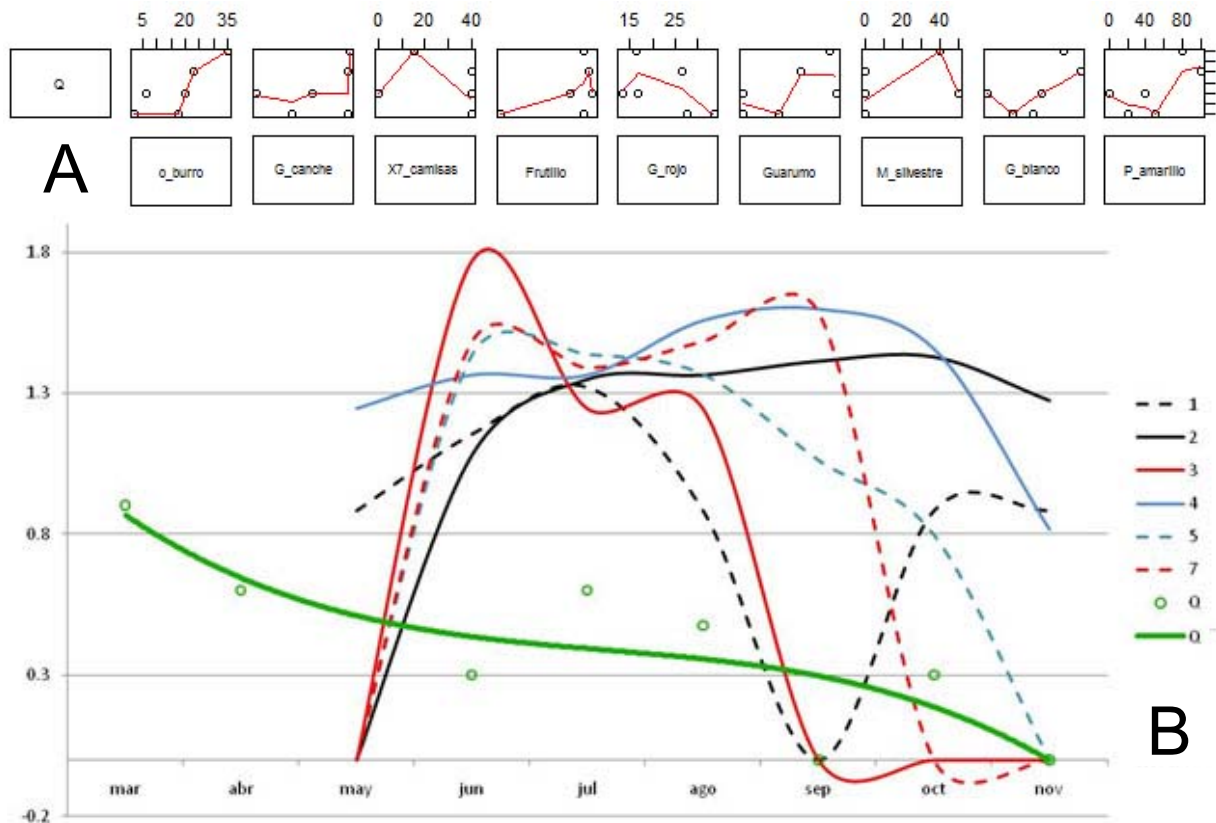
En cuanto a la curva de producción de frutos no se apreciaron diferencias significativas entre los transectos, a excepción de los transectos 3 y 4 (ANOVA,  $p = 0.04495$ ; Tuckey,  $p = 0.019$ ).

Entre los transectos solamente se apreció diferencia entre las proporciones de plantas nutricias con frutos de los transectos 3 y 4 (ANOVA,  $P = 0.04495$ ; Tuckey,  $p = 0.019$ ), que corresponden a los niveles intermedio y superior.

Las 17 especies nutricias que fueron seleccionadas para el presente estudio fueron: *Podocarpus oleifolius* D. Don & Lamb (Ciprecillo), *Cornus disciflora* DC (Frutillo), *Cecropia peltata* L. (Guarumo), *Parathesis leptopa* Lundell (Guatitu Blanco), *Parathesis* sp. (Guatitum rojo), *Parathesis* sp. (Guatitum canche), *Prunus* sp. (Mora Silvestre), *Zanthoxylum acuminatum* (SW.) Sw. (Naranjillo), *Clusia salvinii* Donn. Sm (Oreja de Burro), *Rhamnus capreaefolia* Schl (Palo Amarillo), *Clethra suaveolens* Turcz (Palo de Sana), *Prunus brachybotrya* (Zapotio), *Zinowiewia tacanensis* Lundell (Siete Camisas), *symplocos vaterii* (Jocotillo) y tres morfoespecies de aguacatillos silvestres.

De estas 17 especies solamente seis presentaron un porcentaje de individuos en fructificación correlacionado con la abundancia de Quetzales, la correlación del resto de

especies no se pudo demostrar debido al efecto que tuvo la lluvia de granizo sobre su fenología (figura 5a). En la figura 5b se presentan únicamente los promedios de las plantas nutricias que están correlacionadas con las abundancias del Quetzal, el análisis de correlación evidenció que a nivel de transectos, únicamente los transectos 1, 3 y 5 están correlacionados con las abundancias de los Quetzales (Coef. Corr. >6.9).



**Figura 5.** a) Regresión Múltiple del porcentaje de plantas nutricias con fruto con relación a la abundancia del Quetzal y b) Frecuencia del porcentaje de plantas nutricias con frutos (1 al 7) y abundancia de Quetzales (Q) en escala logarítmica de base 10.

Se estudiaron 213 individuos de los cuales 77 se ubicaron en el piso altitudinal superior mientras que los pisos medio e inferior presentaron 64 y 72 individuos respectivamente (ver Cuadro 1).



**Cuadro 1.** Número de individuos por especie y ubicación por nivel de elevación de las plantas nutricias del quetzal seleccionadas para realizar la toma de datos de fenología reproductiva.

Familia	Especie	Nombre Común	Nivel Inferior		Nivel Medio		Nivel Superior		Total
			T1	T2	T3	T7	T4	T5	
Podocarpaceae	<i>Podocarpus oleifolius</i>	Ciprecillo	2						2
Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i>	Frutillo	5	7	5	6	6	7	36
Moraceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	4	4		6			14
Myrcynaceae	<i>Parathesis leptopa</i>	Guatitum blanco	1	7	1	2	5	3	19
Myrcynaceae	<i>Parathesis sp.</i>	Guatitum canche					5	8	13
Myrcynaceae	<i>Parathesis sp.</i>	Guatitum rojo	5	1	1		3		10
Symplocaceae	<i>Symplocos vaterii</i>	Jocotillo		1					1
Lauraceae		Lauracea sp1	1			3			4
Lauraceae		Lauracea sp2		1	2		6	1	10
Lauraceae		Lauracea sp3	3		1		2		6
Rosaceae	<i>Rubus sp.</i>	Mora Silvestre	1	4	1	1	2	3	12
Myrtaceae	<i>Zanthoxylum procerum</i>	Naranjillo	2		7	5	4	5	23
Clusiaceae	<i>Clusia salvinii</i>	Oreja de burro	4	4	5	2	5	5	25
Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreaefolia</i>	Palo amarillo		2					2
Clethraceae	<i>Clethra suaveolens</i>	Palo de sana	5	5	6	7		1	24
Rosaceae	<i>Prunus brachybotrya</i>	zapotillo		3					3
Celastraceae	<i>Zinowiewia tacanensis</i>	Siete camisas			1	2	5	1	9
		<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>43</b>	<b>34</b>	<b>213</b>



De las 17 especies estudiadas 12 presentaron alguna fenofase reproductiva, de estas nueve presentaron fructificación y el resto se mantuvo estériles durante el muestreo (ver cuadro 2). Para realizar los análisis se tomaron en cuenta únicamente los individuos fértiles.

**Cuadro 2.** Código y ubicación de los especímenes fértiles utilizados para registrar los patrones fenológicos de las especies nutricias del quetzal en el Biotopo de Quetzal, Baja Verapaz.

Familia	Especie	Nombre Común	Niveles de elevación					
			Nivel Inferior		Nivel Medio		Nivel Superior	
			T1	T2	T3	T4	T5	T7
Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i>	Frutillo	T1_PN1 T1_PN39	T2_PN50 T2_PN53 T2_PN55	T3_PN18 T3_PN22 T3_PN28 T3_PN6	T4_PN10 T4_PN15 T4_PN16 T4_PN18 T4_PN41	T5_PN15	T7_PN12 T7_17 T7_26 T7_35
Myrcynaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo		T2_PN41 T2_PN56				T7_PN24 T7_PN31 T7_PN33 T7_PN34 T7_PN6
Myrcynaceae	<i>Parathesis leptopa</i>	Guatitum blanco		T2_PN21 T2_PN29 T2_PN33 T2_PN46 T2_PN48		T4_PN14 T4_PN4	T5_PN43	
Myrtaceae	<i>Parathesis sp.</i>	Guatitum canche				T4_PN20 T4_PN23 T4_PN27 T4_PN40	T5_PN3 T5_PN30 T5_PN41 T5_PN6	
Moraceae	<i>Parathesis sp.</i>	Guatitum rojo	T1_PN30 T1_PN35 T1_PN38 T1_PN42 T1_PN54		3_PN26	4_PN45 4_PN47		
Rosaceae	<i>Rubus sp.</i>	Mora Silvestre	T1_PN2	T2_PN54				T5_PN34
Myrtaceae	<i>Zanthoxylum procerum</i>	Naranjillo			T3_PN13	T4_PN24	T5_PN24 T5_PN27 T5_PN42 T5_PN47	T7_PN14 T7_PN5 T7_PN8
Clusiaceae	<i>Clusia salvinii</i>	Oreja de Burro	T1_PN1 T1_PN43 T1_PN4 T1_PN6	T2_PN13	T3_PN25 T3_PN4 T3_PN8	T4_PN3 T4_PN42 T4_PN7	T5_PN11 T5_PN7 T5_PN8	
Rhamnaceae	<i>Rhamnus capreaefolia</i>	Palo amarillo		T2_PN37				
Clethraceae	<i>Clethra suaveolens</i>	Palo de sana			T3_PN19		T5_PN38	T7_PN1 T7_PN2 T7_PN20 T7_PN4
Rosaceae	<i>Prunus brachybotrya</i>	Zapotillo		T2_PN12, T2_PN18				

Celastraceae	<i>Zinowiewia tacanensis</i>	Siete camisas	T4_PN26 T4_PN48 T4_PN49 T4_PN50	T5_PN46	T7_PN19
--------------	------------------------------	---------------	--	---------	---------

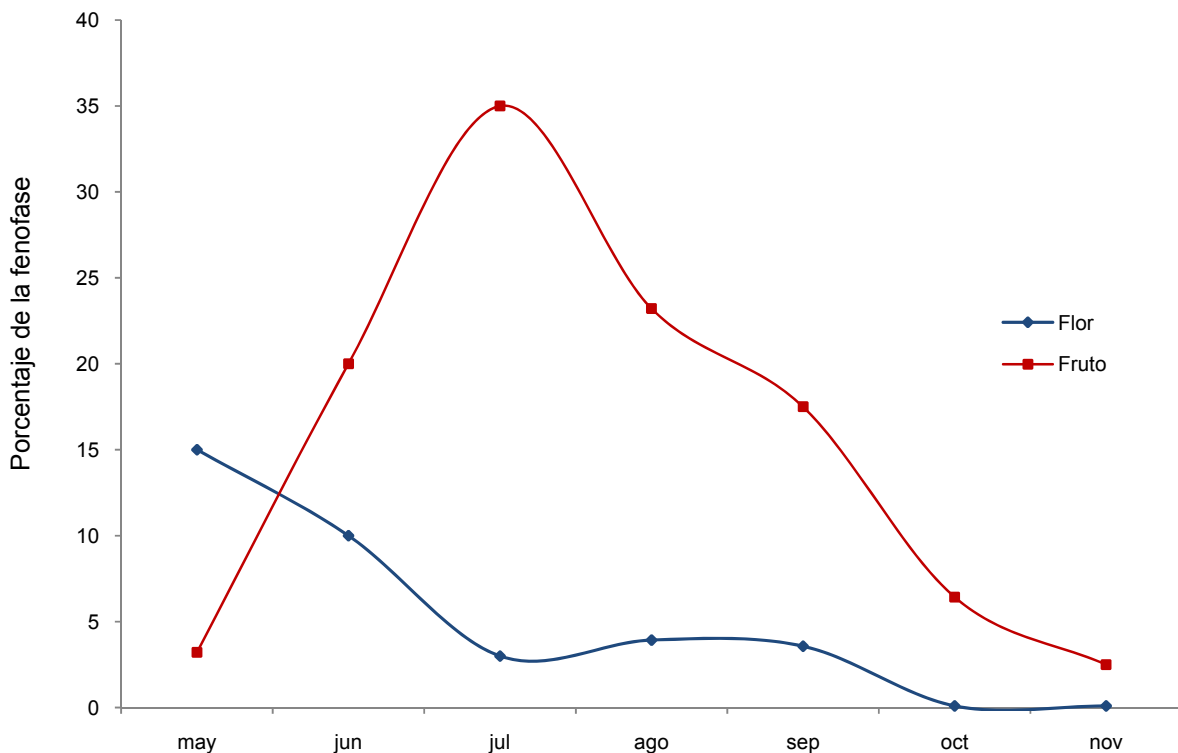
El Ciprecillo (*Podocarpus oleifolius*), Jocotillo (*Symplocos vatteri*), Guatitum Rojo (*Parathesis* sp.), Palo amarillo (*Rhamnus capreaefolia*) y Zapotillo (*Prunus brachybotrya*) fueron exclusivos del nivel inferior mientras que el Guatitum Canche (*Parathesis* sp.) solo se observó en el nivel superior. El resto de las especies se distribuyeron en dos o tres niveles de elevación (Cuadro No.1).

A continuación se describen los patrones fenológicos por especie:

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

Se distribuye desde México hasta Colombia, Venezuela y Bolivia. Habita principalmente en Bosques Nubosos. En Guatemala se distribuye en Alta y Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Guatemala, Jalapa, Peten, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos y Zacapa (MBG 2010). Es un árbol o arbusto, a veces hemiepífito, de 2 a 10 m de altura con savia blanca (Zamora *et al.* 2004).

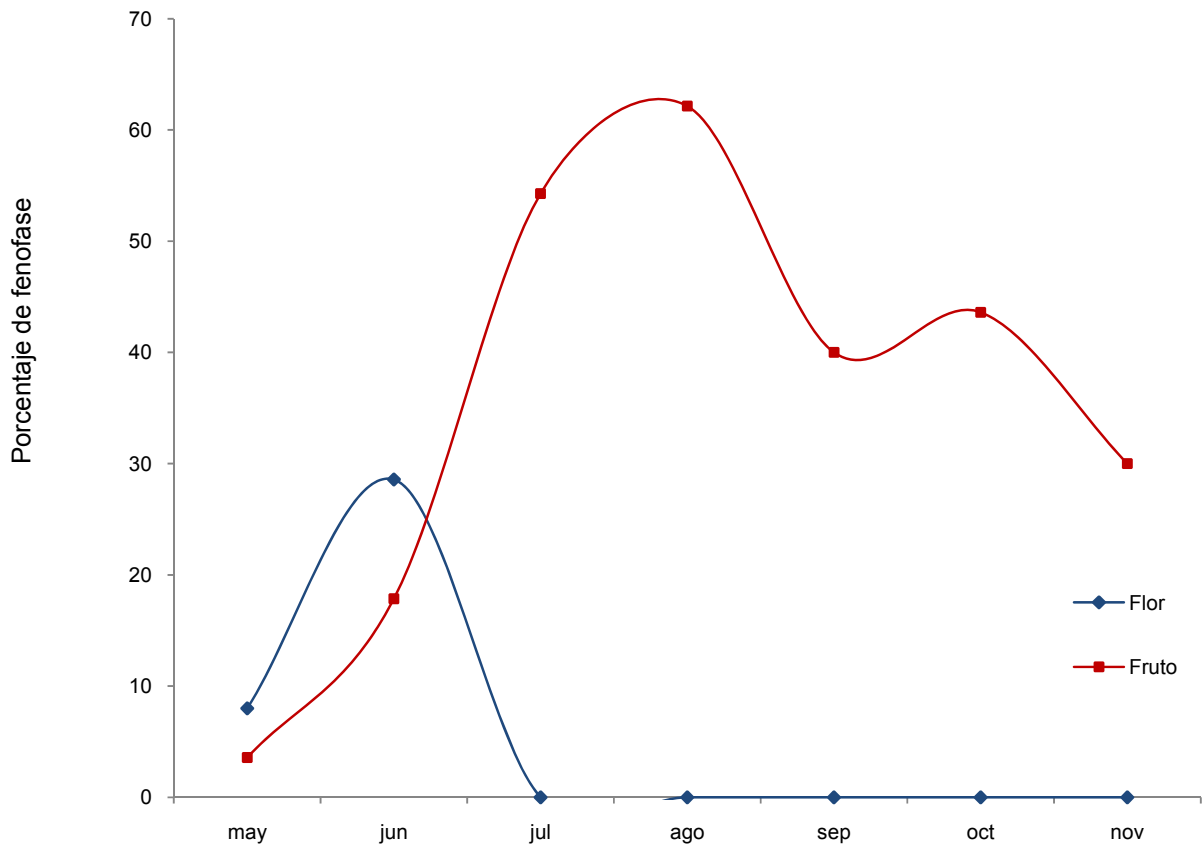
Esta especie fue una de las más abundantes sobre los transectos de muestreo; se encontró en todos los pisos altitudinales pero en mayor proporción en el piso superior (ver cuadro 1). De los 25 individuos monitoreados 14 fueron fértiles (Cuadro 2). Se observaron flores de mayo a septiembre aunque en bajas cantidades a través de todos los meses. La fructificación ocurrió de junio a noviembre con mayor abundancia de frutos el mes de julio (Figura 6). Las observaciones que realizamos a varios individuos de la especie indican que la fructificación es larga, pero que la maduración ocurre a finales del mes de agosto que es cuando varias especies de aves, incluido el quetzal, aprovechan sus fruto para alimentarse.



**Figura 6.** Patrón fenológico promedio de la Oreja de Burro (*Clusia salvinii*) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Guatitum blanco (*Parathesis leptopa* Lundell.)**

Estudiamos la fenología de 19 individuos de los cuales 12 permanecieron estériles. Observamos individuos fértiles en todos los pisos aunque en mayor proporción en el nivel de elevación inferior (Ver Cuadro 2). La curva de floración muestra que se registraron flores de mayo a junio, con mayor abundancia el mes de junio (Figura 7). El patrón de fructificación abarcó desde mayo hasta noviembre con mayor abundancia de frutos verdes en agosto. En noviembre los frutos que persistieron se encontraban semi maduros con una tonalidad rojo intenso. Seguramente estos frutos maduraron en los siguientes dos meses hasta tornarse de un color negro-morado característico de los frutos maduros.



**Figura 7.** Patrón fenológico promedio del Guatitum blanco (*Parathesis leptopa*) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

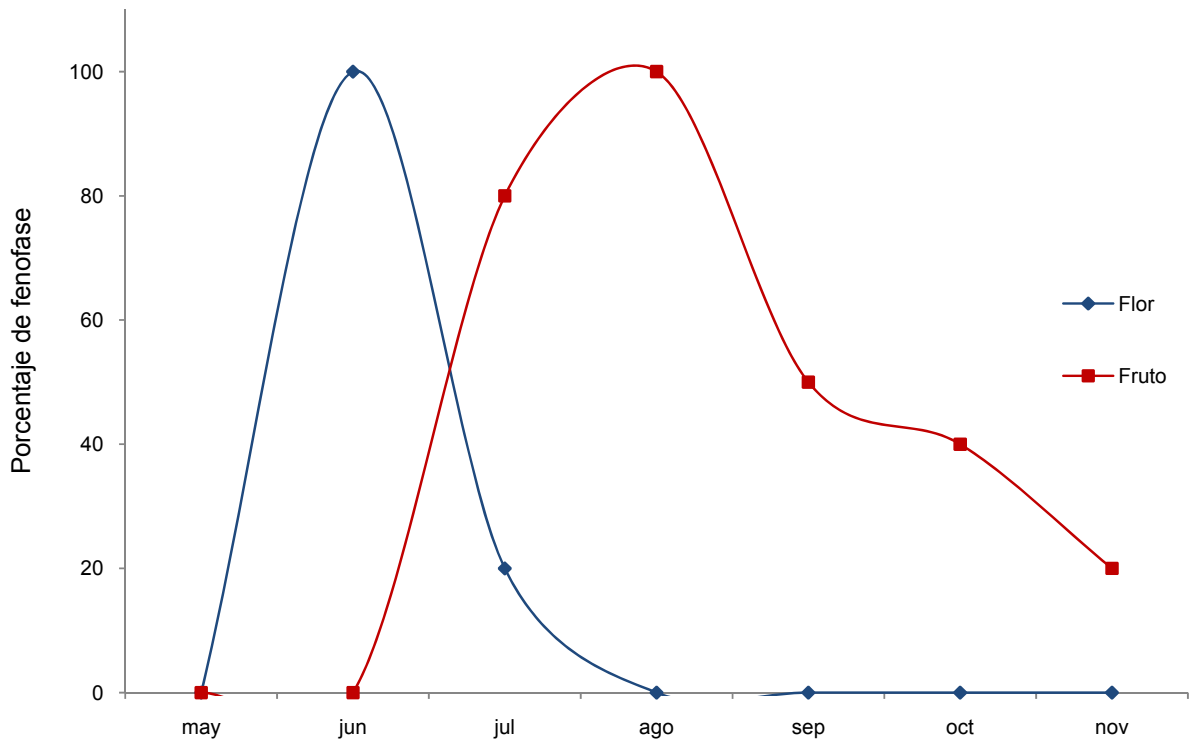
### **Palo Amarillo (*Rhamnus capreaefolia* Schlt)**

Se localiza desde México hasta Costa Rica (MBG 2010). En Guatemala se encuentra en Alta y Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Quetzaltenango, San Marcos y Huehuetenango (Standley y Steyermark, 1949). Se encuentra en bosques húmedos en un rango altitudinal entre 1,200 a 3,000 m.

Esta especie fue rara en los transectos. Se registraron únicamente dos individuos adultos y solamente el individuo T2\_PN37 fue fértil. Su floración inicio el mes de junio y se prolongo hasta el mes de julio (Figura 8). Este patrón de floración no coincide con lo observado por otros autores (Fernández 1996, Ramírez-Marcial *et al.* 2003) quienes reportan que la especie florea de enero a abril. El retraso de la floración no tiene una explicación evidente pero pudo deberse a la granizada ocurrida un mes antes de iniciarse el muestreo.

La fructificación inicio en julio y permaneció hasta el mes de noviembre mostrando coincidencia con lo reportado por estos mismos autores quienes indican que

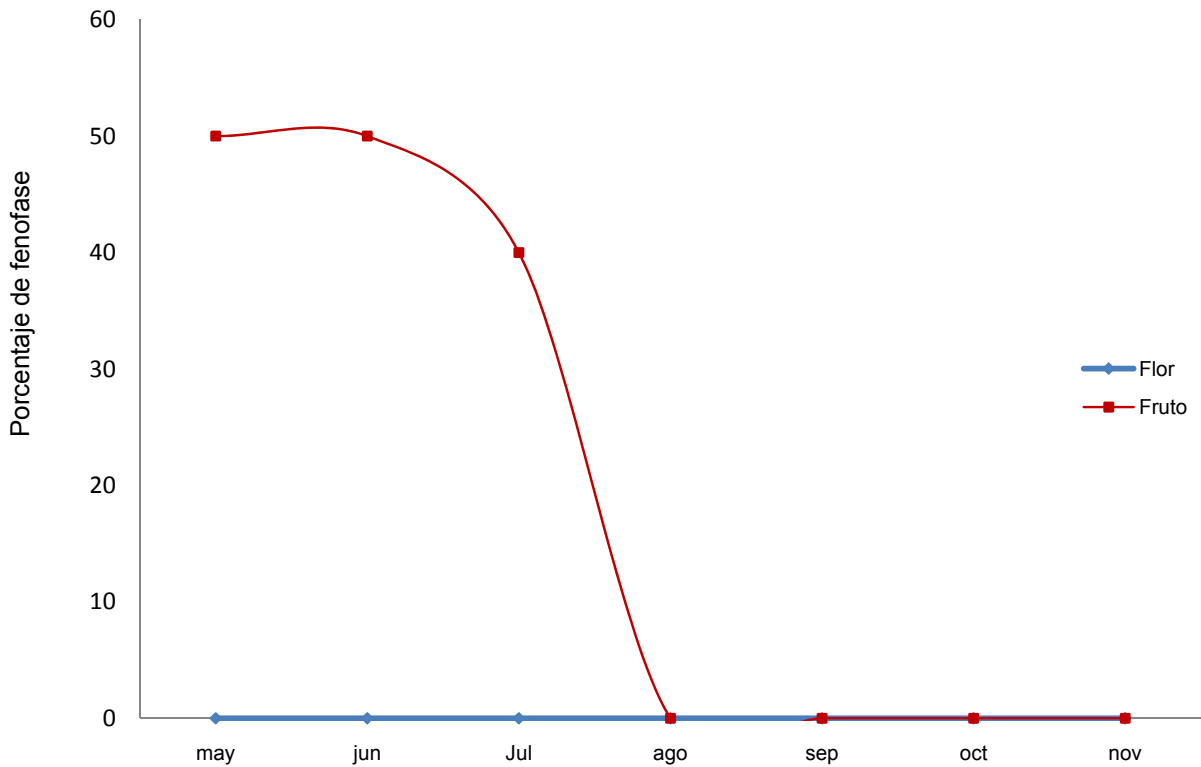
observaron frutos el mes de agosto. El espécimen presentó la mayor cantidad de frutos en agosto pero maduraron hasta octubre, cuando se observó a varias especies de aves como Verdines (*Chlorophonia occipitalis*), Tucanetas (*Aulacorhynchus prasinus*), Zensontles (*Turdus grayi*), Cayayas (*Penelopina nigra*) y Quetzales (*Pharomachrus mocinno*) alimentándose de los frutos.



**Figura 8.** Patrón fenológico del Palo Amarillo (*Rhamnus capreaefolia*) T2\_PN37 de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Mora silvestre (*Rubus* sp.)**

Para esta especie monitoreamos 12 individuos. Registramos únicamente tres individuos fértiles, dos en el nivel inferior y uno en el nivel superior (Cuadro 2.). Los tres individuos fértiles presentaron frutos maduros de mayo a junio (Figura 9). Para el mes de julio los frutos ya habían caído al suelo o se encontraban podridos. Ninguno presentó flores durante el período de estudio.

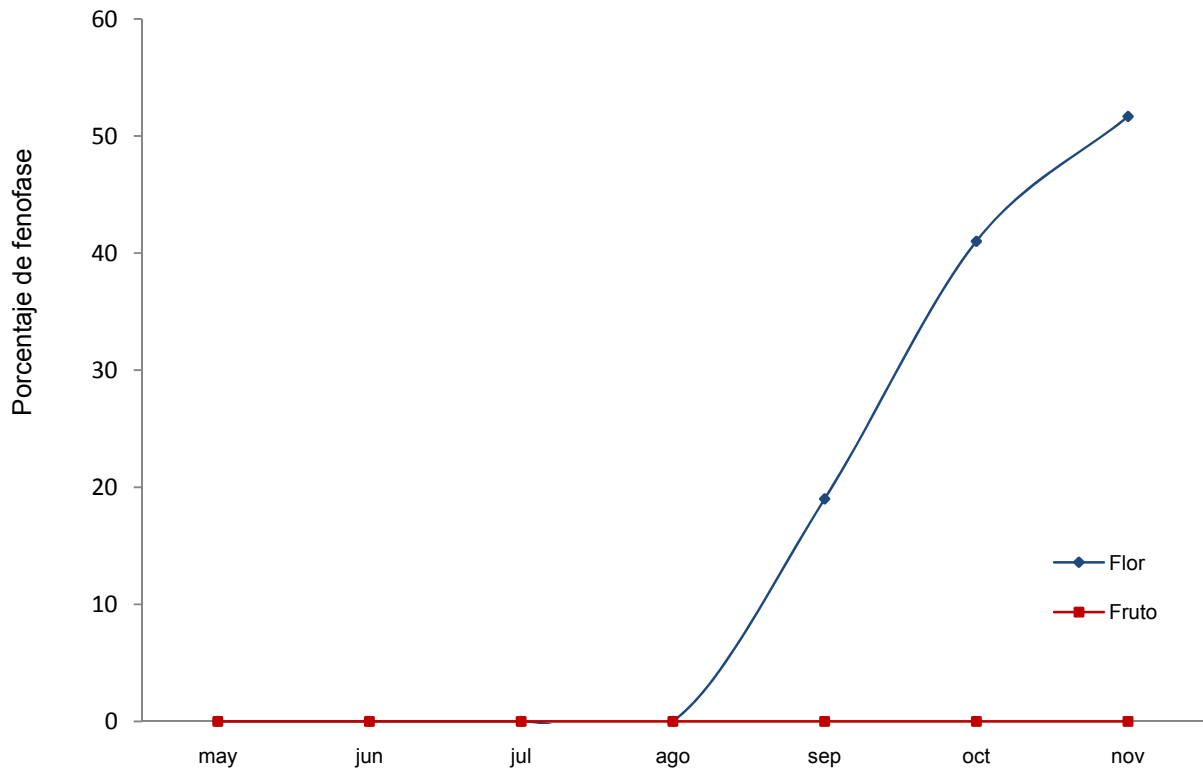


**Figura 9.** Patrón fenológico promedio de la mora silvestre (*Rubus* sp.) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Palo de Sana (*Clethra suaveolens* Turcz.)**

Esta especie se distribuye en bosques montanos de México a Costa Rica. En Guatemala se encuentra en Baja y Alta Verapaz, Chiquimula, El Progreso, Huehuetenango, El Progreso, Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa (MBG 2010). Es un árbol de hasta 12 m de altura. Sus flores son blancas y crecen en espigas. Sus frutos son capsulas pequeñas de color café. Este árbol se distingue por sus hojas de consistencia similar a la del cuero, con la venación secundaria muy marcada y resaltada en la porción inferior de la hoja. Se distingue además, por el color rojizo naranja de sus hojas que le dan una coloración muy vistosa (Zamora *et al.* 2004). El patrón fenológico de esta especie se obtuvo de seis de los 24 individuos monitoreados. La floración dio inicio el mes de septiembre y se prolongó hasta el mes de noviembre (Figura 10). No se

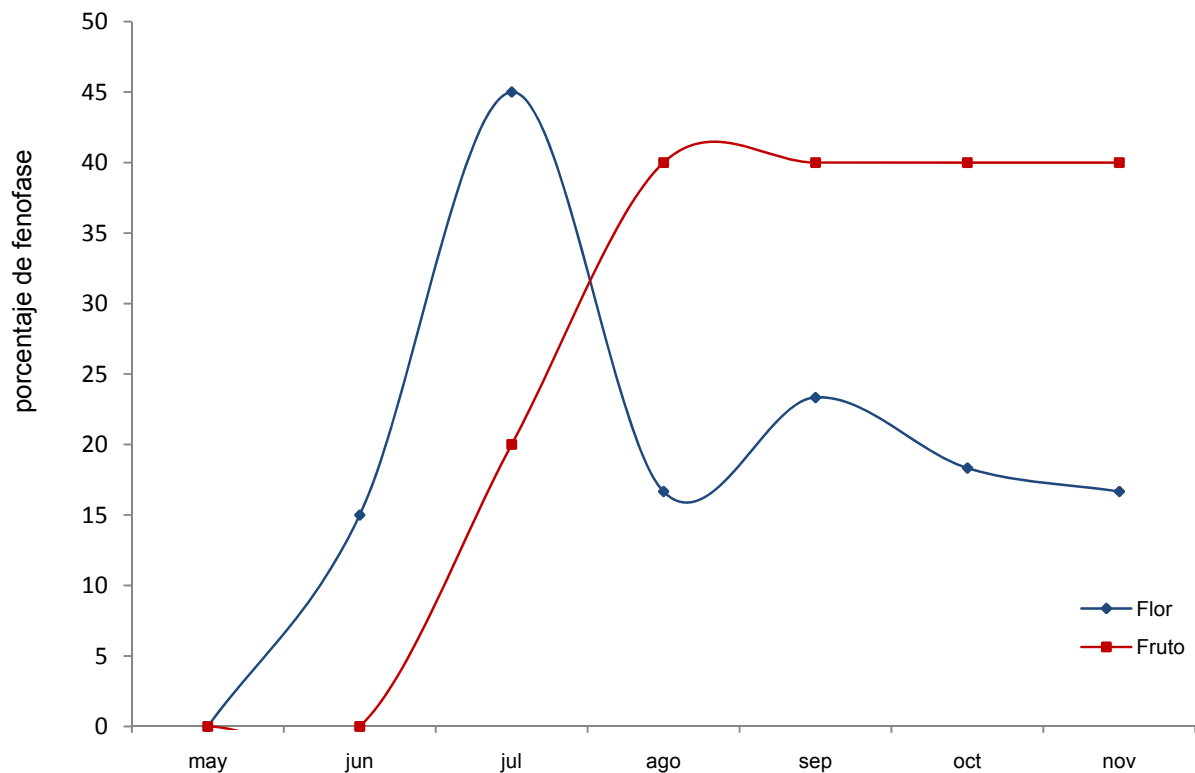
observo ningún individuo en fructificación durante el período de estudio.



**Figura 10.** Patrón fenológico promedio del Palo de Sana (*Clethra suaveolens*) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Siete Camisas (*Zinowiewia tacanensis* Lundell)**

Se marcaron nueve individuos de esta especie. Seis presentaron flores y frutos. Esta especie presentó una alta sincronía entre individuos. Todos iniciaron la floración a principios de la estación seca (junio-septiembre) pero sus flores estuvieron presentes hasta inicios de la estación lluviosa, aunque en un bajo porcentaje (Figura 11). Para el mes de agosto las proporciones de flores comenzaron a decaer y se observó el inicio de la fructificación. La fructificación abarcó ambas estaciones, aunque más marcada a finales de la lluviosa y principios de la seca (septiembre-noviembre).

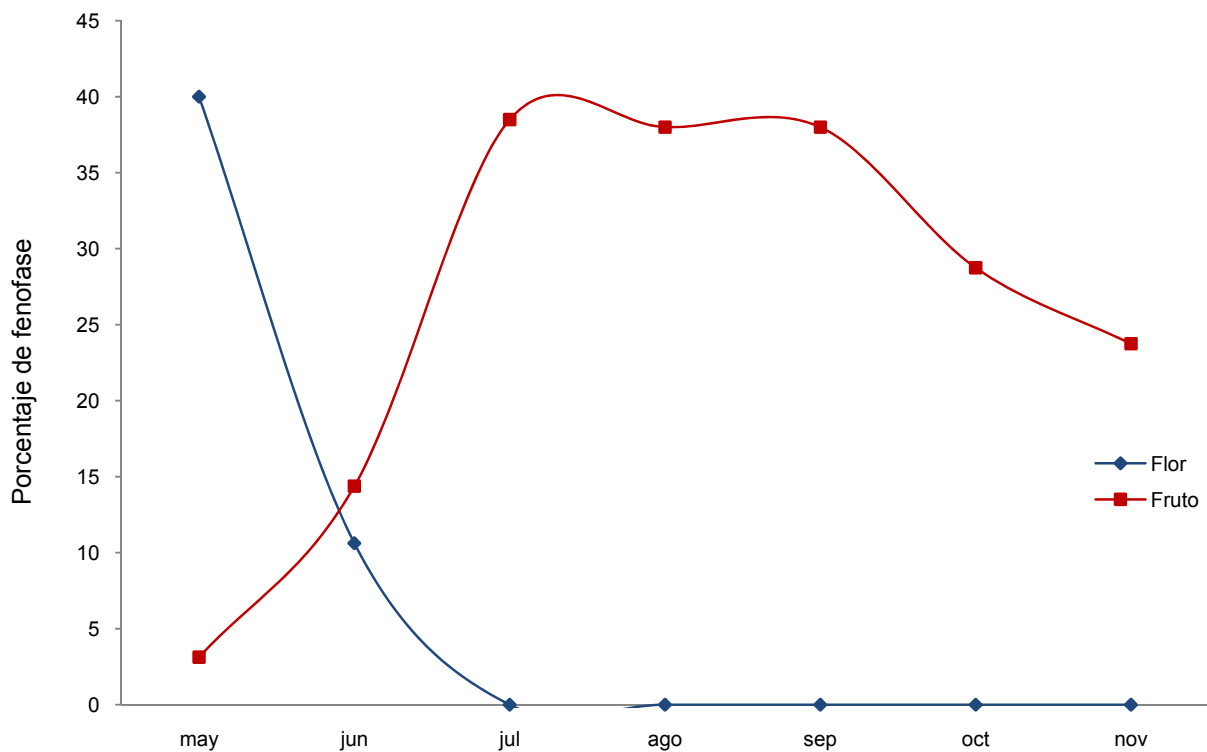


**Figura 11.** Patrón fenológico promedio del Siete Camisas (*Zinowiewia tacanensis*) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Guatitum canche (*Parathesis* sp.)**

Para esta especie marcamos 13 individuos y registramos ocho fértiles (Cuadro 2). Todos los individuos marcados se restringieron al nivel de elevación superior. Desde el mes de mayo los individuos ya presentaban flores abiertas, para el mes de junio el promedio de flores descendió a menos de la mitad y se observó el comienzo de la fructificación. La producción de frutos ocurrió de junio a noviembre con mayor abundancia de frutos en el mes de septiembre (Figura 12). Para el mes de noviembre los frutos estaban maduros con una tonalidad negro morada.

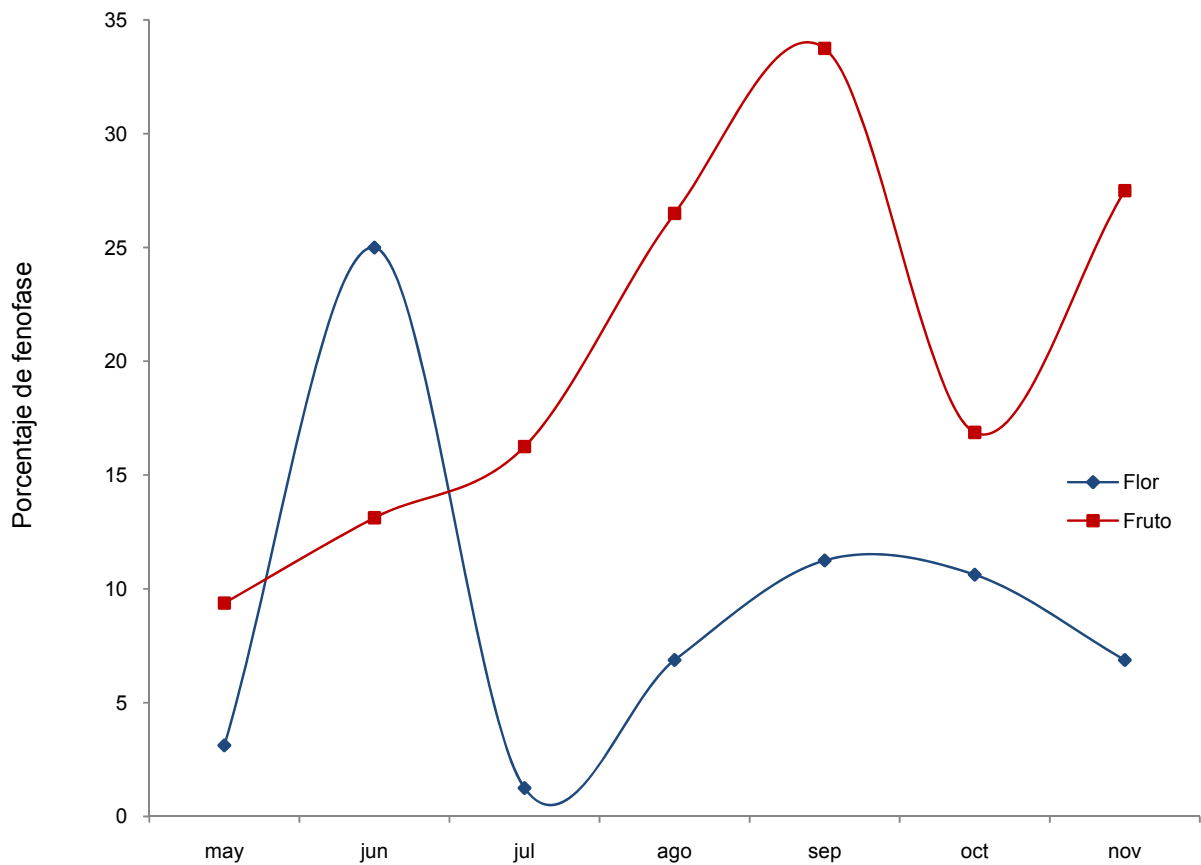




**Figura 12.** Patrón fenológico promedio del Guatitum canche (*Parathesis* sp.) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Guatitum rojo (*Parathesis* sp.)**

El patrón fenológico de esta especie la obtuvimos de ocho individuos de un total de diez individuos monitoreados. Los individuos fértiles presentaron flores, botones de flores, frutos verdes y frutos maduros durante todos los meses de muestreo. Desde el mes de mayo se pudo observar la presencia de frutos maduros y un bajo porcentaje de flores. Para el mes de junio la mayoría de individuos produjo grandes cantidades de flores las cuales para el mes de julio produjeron los frutos. Con respecto a los frutos observamos el porcentaje más alto ocurre en septiembre (Figura 13).

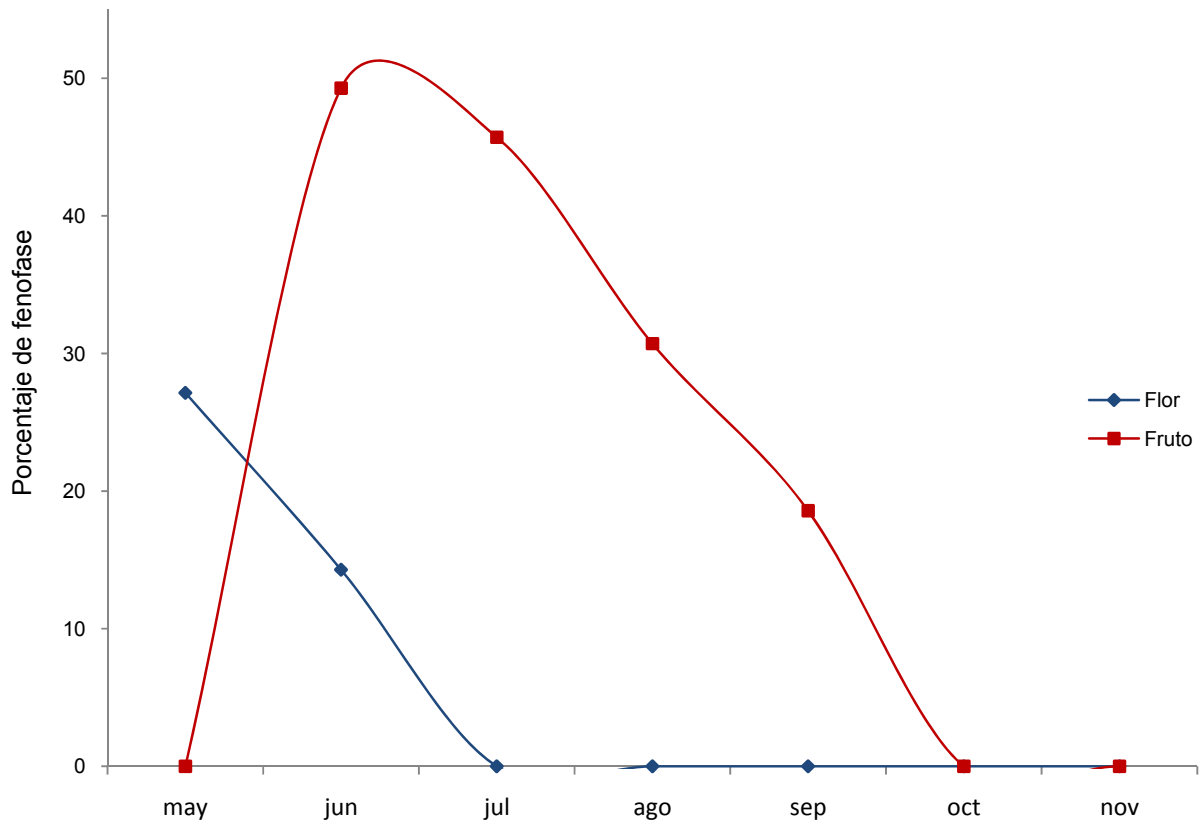


**Figura 13.** Patrón fenológico promedio del Guatitum Rojo (*Parathesis* sp.) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Guarumo (*Cecropia peltata*)**

De los 14 individuos monitoreados siete presentaron flores y frutos. Desde el mes de mayo ya se podían observar las espigas florales bien desarrolladas las cuales para el mes de junio comenzaron a producir frutos.

El guarumo florea y fructifica todo el año (Carvajal, S. y Gonzales-Villarreal, 2005). Para el Biotopo del Quetzal las infrutescencias estuvieron presentes de junio a septiembre con mayor abundancia el mes de junio (Figura 14). Maduraron los meses de julio, agosto y septiembre que fue el periodo durante el cual varias especies de aves, incluida el Quetzal, las ingirieron. Para inicios del mes de octubre el porcentaje de infrutescencias presentes en los diferentes individuos marcados descendió drásticamente y para mediados de este mes finalizó la temporada fértil de esta especie.



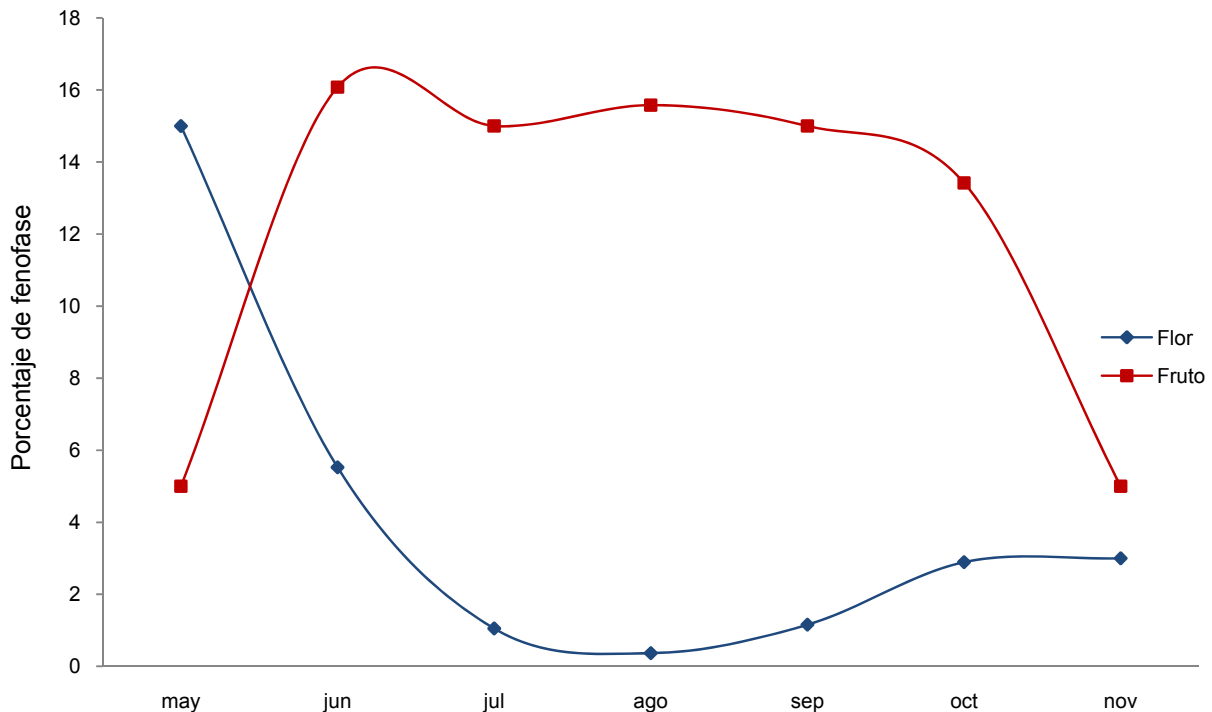
**Figura 14.** Patrón fenológico promedio del Guarumo (*Cecropia peltata*) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Frutillo (*Cornus disciflora*)**

Esta es una de las especies nutricias favoritas del quetzal en el Biotopo del Quetzal. Se distribuye entre los 1,000 a los 3,000 msnm desde México hasta Panamá (CONABIO 2009). Es un árbol de hasta de 30 m de altura. Sus hojas son simples opuestas de color verde intenso en el haz y verde claro en el envés. Sus flores crecen en cabezuelas con forma de globo y con un tallo bastante largo. Sobre la cabezuela se desarrollan las flores de color verde-amarillento. Sus frutos son drupas similares a aceitunas de un color negro purpúreo cuando están maduras (Torres G *et al.* 1992).

La especie florece y produce frutos durante todo el año (Jiménez 1996) y un mismo individuo puede presentar flores, frutos y semillas simultáneamente (Zamora 2004). En este caso la especie presento flores, frutos verdes y frutos maduros la mayor parte del muestreo (mayo a noviembre) pero en bajas cantidades. Esta baja producción de flores

y frutos se relaciona posiblemente con la pérdida de la mayor parte del follaje y flores de los individuos marcados el mes de abril.



**Figura 15.** Patrón fenológico promedio del Frutillo (*Corunus disciflora*) de mayo a noviembre de 2010 en el Biotopo del Quetzal, Baja Verapaz.

### **Naranjillo (*Zanthoxylum acuminatum*)**

Los individuos fértiles estudiados de esta especie solo presentaron frutos en estado de descomposición que se originaron de la época reproductiva anterior. Varios meses antes de iniciar el muestreo (entre enero y marzo de 2010) observamos que gran número de individuos de esta especie poseían frutos verdes pero después de la lluvia de granizo la mayoría cayeron al suelo. Por ello, estimamos que los datos que obtuvimos durante el muestreo no pueden ser considerados en el análisis de la fenología de la especie pues no reflejan su comportamiento en condiciones naturales.

### **Zapotillo (*Prunus brachybotrya*)**

Para esta especie registramos la producción de primordios florales en junio en dos individuos ubicados en el piso altitudinal bajo. Sin embargo, para el mes de julio los primordios florales ya no estaban presentes.

### **Aguacatillos (Lauraceae)**

Los aguacatillos no presentaron ninguna estructura reproductiva durante el monitoreo. Además, La mayoría de individuos marcados y estudiados perdieron más del 90% del follaje a causa del impacto de la lluvia de granizo.

### **Ciprecillo (*Podocarpus oleifolius* D. Don & Lamb).**

Pertenece a la familia Podocarpaceae. Se distribuye desde México hasta el norte de Perú y Bolivia. En Guatemala se encuentra en Zacapa y Baja Verapaz (Standley y Steyermark 1958). Se encuentra en los bosques nubosos desde los 1,900 a 3,200 msnm. Este árbol de hasta 20 m de altura densamente ramificado tiene una corteza de color café amarillenta. Sus hojas están dispuestas en espiral; son numerosas, rígidas, de forma linear. Como la mayoría de coníferas presenta conos femeninos y conos masculinos en diferentes ramas. De esta planta el quetzal se alimenta de una porción de tejido carnosa o receptáculo que se desarrolla por debajo de la semilla de color rojo, muy dulce. Es una especie vulnerable a nivel regional según la UICN (IUCN 2001).

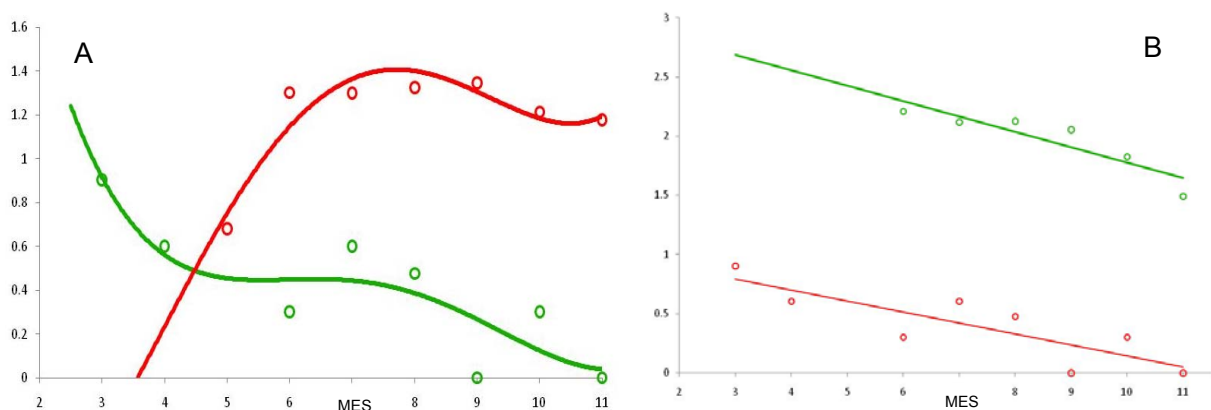
Para esta especie no observamos ningún individuo fértil dentro de los transectos de muestreo pero, si observamos a varios dentro del Biotopo que produjeron abundantes frutos de julio a noviembre. Además, observamos a varios quetzales alimentarse de sus frutos el mes de agosto, septiembre y octubre.

### **7.3 Fenología de las plantas nutricias y su relación con la abundancia de Quetzales**

Las especies pueden movilizarse dentro de un paisaje para hacer uso de los recursos que poseen los diferentes elementos que lo componen según las necesidades que posean a lo largo de ciclos temporales.

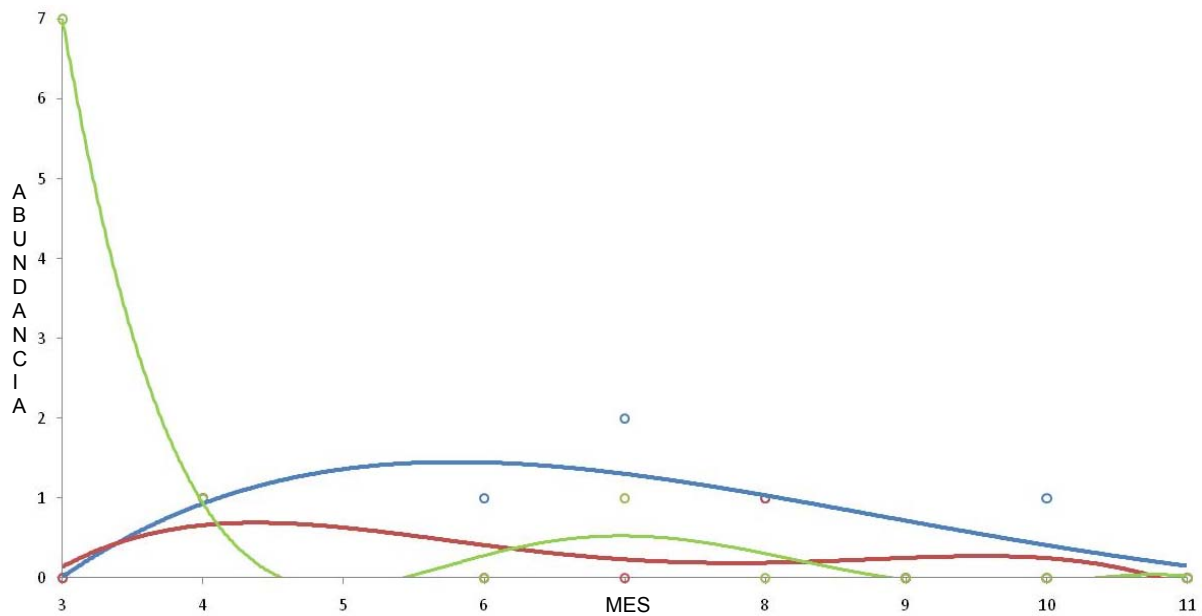
Algunos estudios han demostrado que la abundancia de Quetzales está relacionada con la disponibilidad de frutos en un determinado lugar (Solorzano *et al.* 2000. Weelwright 1983). De tal manera que a mayor abundancia de frutos, especialmente de la familia Lauraceae, mayor abundancia de Quetzales. ¿Pero que sucede con los Quetzales durante la época en la que hay baja abundancia de frutos?. En 1989 y 1990, en Powell y Bjork (1994), en la reserva de Monteverde y Costa Rica fueron marcados 16 Quetzales con radios de telemetría, los resultados obtenidos de los monitoreos indican que los Quetzales permanecen en los bosques nubosos durante la época reproductiva desde febrero hasta junio y posteriormente descienden a los bosques premontanos húmedos entre los 1450 hasta los 1,100 metros.

Los resultados obtenidos durante el presente estudio coinciden parcialmente con los resultados de Solorzano *et al.* (2000) y Powell y Bjork (1994). Según se aprecia en la figura 16a, la mayor abundancia de Quetzales se registra durante la época reproductiva del mes de febrero al mes de julio y posteriormente se observa un descenso en la curva de abundancia, se debe de considerar que después de la época reproductiva la detectabilidad de los Quetzales disminuye debido a que dejan de cantar. Sin embargo, al considerar únicamente el porcentaje de plantas nutricias con frutos y que están correlacionadas con la abundancia de Quetzales y compararlo con la abundancia de Quetzales se puede apreciar una relación positiva (Figura 16b), es probable que la distribución de frecuencias del resto de plantas nutricias se haya visto afectado por la lluvia de granizo y que la curva de tendencia del total de plantas nutricias este completamente desviada desde un punto bajo a uno alto y no viceversa como se hubiera esperado.



**Figura 16.** a) Relación entre la abundancia de Quetzales (Línea verde) y el porcentaje de plantas nutricias con presencia de frutos (Línea roja) en el Biotopo del Quetzal. b) Relación entre de la abundancia de Quetzales y el porcentaje de plantas nutricias con frutos correlacionadas con la abundancia de Quetzales\*Los datos están transformados en escala logarítmica de base 10.

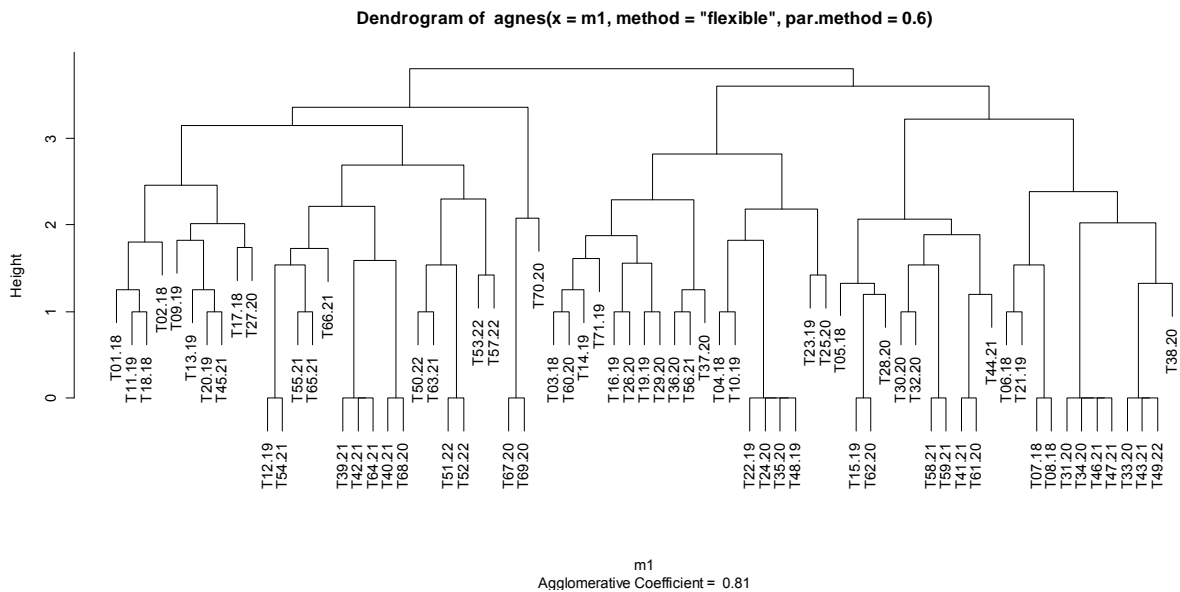
En la figura 17, se puede apreciar como en mes de marzo la abundancia de los Quetzales fue mayor en la parte superior del Biotopo y no se registraron Quetzales en los niveles intermedio e inferior. Posteriormente en el mes de abril hasta el mes de noviembre la abundancia de Quetzales disminuye considerablemente en el nivel superior y se empiezan a registrar Quetzales en los niveles intermedio e inferior. Las diferencias temporales entre los niveles de elevación sugieren que los Quetzales estén realizando movimientos altitudinales en períodos temporales desde los sitios de anidamiento a lugares más bajos tal como lo registraron Powell y Bjork (1994) para los Quetzales de la Reserva Monteverde en Costa Rica.



**Figura 17.** Abundancia de Quetzales entre los niveles de elevación de muestreo. Superior: verde, intermedio: rojo e inferior: azul.

## 7.4 Análisis de la vegetación

Según el análisis de los datos generados por García (1998), la vegetación del composición y estructura de la vegetación arbórea del Biotopo del Quetzal cambia a lo largo del gradiente de elevación por lo que se puede clasificar en los tres niveles de elevación anteriormente descritos (ver figura 1); sin embargo en la composición y estructura de las plantas nutricias del Quetzal no presentan ningún patrón de distribución a lo largo del gradiente de elevación (figura 18).



**Figura 18.** Análisis de agrupamiento de las plantas nutricias del Quetzal en el Biotopo del Quetzal.

## 8. DISCUSION

El patrón fenológico de la mayor parte de plantas nutricias del Quetzal fue afectado por la lluvia de granizo que ocurrió durante el mes de abril del 2010. Como consecuencias inmediatas de la lluvia de granizo se registraron la pérdida de flores, frutos y hojas de casi el 90% de la vegetación arbórea y del sotobosque e incluso se encontraron algunas aves muertas (Anexo No. 16). El monitoreo de la fenología de las plantas nutricias del Quetzal inició en mayo 2010 y se apreció una baja cantidad de flores y de frutos en los árboles; sin embargo no es posible determinar si dicho valor corresponde a los efectos de la lluvia de granizo o al ciclo fenológico de las plantas aunque bajo un panorama general consideramos que la pérdida de hojas, flores y frutos como consecuencia de la lluvia de granizo afectó el patrón de producción de flores y frutos.

Otro aspecto importante a resaltar, es que la fenología de las plantas monitoreadas, en la mayoría de los casos, no sigue un patrón de períodos bien definidos de flores a frutos sino un patrón de períodos intermitentes entre flores y frutos. Este patrón de períodos intermitentes explica el motivo por el cuál en las gráficas de fenología de



algunas plantas se aprecia de primero los frutos y en los meses posteriores la presencia de flores y frutos.

Con base en el análisis de los datos de vegetación de García (1998) se determinó que la composición y estructura de la vegetación varían a lo largo del gradiente altitudinal del Biotopo del Quetzal; sin embargo al realizar el análisis solamente para las plantas nutricias del Quetzal no se apreció ningún patrón de distribución. Entre los niveles de elevación solamente se detectaron diferencias entre el superior e intermedio.

Solorzano *et al.* (2000) y Weelwright (1983) encontraron que las abundancias de Quetzales y de los frutos de las plantas nutricias, especialmente las Lauraceae, están relacionados positivamente. En el caso del presente estudio no fue posible determinar dicha relación al incorporar todas las plantas nutricias al análisis y consideramos que esto ocurre principalmente por los efectos causados por la lluvia de granizo. Sin embargo, la curva de producción de frutos de algunas plantas (*Clusia salvinii*, *Cornus disciflora*, *Cecropia peltata*, *Rubus sp.*, *Parathesis leptopa* y *Rhamnus capraeifolia*) si esta correlacionada con la curva de abundancia de Quetzales, a diferencia del resto de plantas es probable que estas especies hayan poseído un patrón de floración y fructificación intermitente y que hayan recuperado sus valores normales después de la lluvia de granizo o bien que la etapa fértil de estas especies haya iniciado después de la lluvia de granizo.

Otro aspecto importante y que fortalece la hipótesis de que el patrón de fructificación de las plantas nutricias fue afectado fuertemente por la lluvia de granizo es que en la figuras de floración de las plantas nutricias se aprecia una alta abundancia de flores durante los últimos meses del 2010, por lo que se esperaría que en los primeros meses del año 2011 existan una alta producción de frutos justo en la época reproductiva de los Quetzales.

Con respecto a la abundancia de Quetzales a lo largo de los tres niveles de elevación, se encontró un patrón similar al descrito por Solorzano *et al.* (2000) y Powell y Bjork (1994). Dentro del área de estudio se apreció que las mayores abundancias de Quetzal se registran en el nivel superior durante la temporada reproductiva de los Quetzales, posteriormente descende la abundancia en el nivel superior y se registra un aumento en las abundancias en los niveles intermedio e inferior.

Basándose en lo observado en el presente estudio se puede ver como el área baja de los bosques nubosos es importante para la conservación del Quetzal ya que durante la temporada interreproductiva serán estos sitios donde permanezca la mayor parte del tiempo. Debido a esto es recomendable continuar con el estudio de la población de quetzales en el BUCQ y analizar patrones de migración, movimientos circadianos, uso de hábitat, y estudios de dieta.

## 9. CONCLUSIONES:

La composición y estructura de la vegetación arbórea varía a lo largo del gradiente de elevación en tres niveles de altitud; no así la composición y estructura de las plantas nutricias del Quetzal.

Los patrones fenológicos de las plantas nutricias del Quetzal se vieron afectados significativamente por la lluvia de granizo que ocurrió el 17 de abril en el Biotopo del Quetzal, la cual produjo la pérdida de hojas, flores y frutos de los arboles.

La abundancia de Quetzales se encuentra asociada a los porcentajes de las plantas nutricias, especialmente de *Clusia salvinii*, *Cornus disciflora*, *Cecropia peltata*, *Rubus* sp., *Parathesis leptopa* y *Rhamnus capraeifolia*. Para el resto de plantas no se pudo demostrar, la asociación o no, debido a que la fenología de dichas plantas fue afectada por la lluvia de granizo.

La abundancias de los Quetzales varía durante el año y a lo largo del gradiente altitudinal; de tal manera que la mayor abundancia de Quetzales se detectó en la época reproductivo en los sitios de anidamiento.

Posterior a la época reproductiva se detecto un aumento en la abundancia de los Quetzales en los niveles intermedio y superior del Biotopo del Quetzal.

## 10. RECOMENDACIONES:

Continuar con el estudio de la fenología de las plantas nutricias del quetzal para cerrar el ciclo fenológico.

Comparar el ciclo fenológico reportado en esta investigación con otro ciclo sin el impacto del granizo, esto para estimar el efecto que este tuvo sobre el comportamiento fenológico de las plantas nutricias del quetzal.

Se recomienda realizar estudios de telemetría para reforzar la hipótesis de las migraciones altitudinales de los Quetzales y además para determinar con precisión la dieta, tasas de alimentación de los Quetzales, los movimientos que realiza durante el día y el rango hogareño.

Debido a los movimientos de los Quetzales realizados durante el ciclo anual, se recomienda que se elaboré el plan de ordenamiento territorial y manejo del paisaje; además de que las actividades de reforestación incluyan especies nativas del lugar, especialmente aquellas que tengan importancia para el movimiento de las especies a través de los parches y corredores.

Fortalecer el sistema de educación ambiental en el área con los niños y adultos de las comunidades cercanas al BUCQ para fomentar la conservación del bosque nuboso y toda la región de influencia.

Incorporar dentro del gobierno local, COCODES, COMUDES y organizaciones de la sociedad civil políticas que favorezcan el desarrollo económico dentro de un esquema compatible con la conservación del medio ambiente y recursos naturales.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Ávila, Lourdes, V. Hugo Hernández, and Enriqueta Velarde. (1996). "The Diet of Resplendent Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*: Trogonidae) in a Mexican Cloud Forest." *Biotropica* 28(4b): 720-727.

Barrios, M., M. Bustamante, M.V. Ríos y C. Méndez. (En ejecución). Evaluación de la población de Quetzales del Biotopo del Quetzal y sus movimientos a través del paisaje. Centro de Estudios Conservacionistas – Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Basterrechea, M. (2000). *Plan Maestro 2000-2004. Biotopo Universitario "Mario Dary Rivera" para la Conservación del Quetzal*. Asesoría Manuel Basterrechea Asociados. Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

Blagoderov, V. y D. Grimaldi. (2004). Fossil Sciaroidea (Diptera) in Cretaceous ambers, exclusive of Cecidomyiidae, Sciaridae, and Keroplatidae. *American Museum Novitates*. 3433: 1-76.

Bowes, A.L. y D.G. Allen (1969). "Biology and Conservation of the Quetzal". *Biological Conservation* 1(4): 297-306

Carvajal, S. y L. Gonzáles–Villareal. (2005). *La familia Cecropiaceae en el estado de Jalisco, México*. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara. México. Universidad de Guadalajara. Colección Flora de Jalisco.

Chiappe, L.M. (1995). The First 85 Million Years of Avian Evolution. *Nature*. 378(23): 349-355.

CONABIO. (2009). *Catálogo taxonómico de especies de México*. 1. In Ca. nat. México CONABIO, México.

Ericson, P.G.P., C.L. Anderson, T. Britton, A. Elzanowski, U.S. Johansson, M. Kallersjo, J.I. Ohlson, T.J. Parsons, D. Zuccon, G. Mayr. (2006). Diversification of Neoaves: integration of molecular sequence data and fossils. *Biology Letters*. 2(4):543-547.

Espinosa de Los Monteros, A. (1998). Phylogenetic Relationships among Trogons. *The Auk*. 115(4): 937-954.

Farrell, B.D y C. Mitter. (1996). Adaptive Radiation in Insects and Plants: Time and Opportunity. *Integrative and Comparative Biology*. 34(1): 57-69

Feduccia, Alan. (1995). "Explosive Evolution in Tertiary Birds and Mammals." *Science*. 267: 637-638.

Fernández, R. (1996). *Rhamnaceae*. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, 43:1-68

Fournier, LA. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas de árboles. *Turrialba*. 24:422-423.

García, B. (1998). *Estudio del dosel de la selva nublada del Biotopo Universitario para la conservación "Mario Dary Rivera"*. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala.

García-Rojas, M. (2006). *Diet and Habitat Preference of the Resplendent Quetzal (Pharomachrus mocinno costaricensis) in Costa Rican Montane Oak Forest*. En: Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest (Maarten Kapelle, ed.). Ecological Studies. 185: 325-336.

Grajeda, E. Enríquez, H. Barrios y M. Flores, M. (2006). *Estrategia de Monitoreo de Fauna y Flora del Biotopo del Quetzal y del Corredor Biológico del Bosque Nuboso – Biosfera Sierra de las Minas – Biotopo del Quetzal*. Guatemala.

Grimaldi, D. y V. Blagoderov. (2002). A new genus of Lygistorrhinidae from Vietnam (Diptera: Sciaroidea), and phylogenetic relationships in the family. *Studia Dipterologica*. 8: 43-57.

Hackett, S.J., R.T. Kimball, S. Reddy, R.C.K. Bowie, E.L. Braun, M.J. Braun, J.L. Chojnowski, W.A. Cox, K.L. Han, J. Harshmann, C.J. Heddleston, B.D. Marks, K.J. Miglia, W.S. Moore, F.H. Sheldon, D.W. Steadman, C.C. Witt y T. Yuri. (2008). A Phylogenomic Study of Birds Reveals Their Evolutionary History. *Science* 320(5884):1763-1768.

Harshman, J. (2008). Trogoniformes. Trogonidae. Trogons. Version 27 June 2008 (under construction). <http://tolweb.org/Trogonidae/26426/2008.06.27> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>

IUCN (2009). IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2009.

IUCN (2001). IUCN Red List Categ. Crit. v. 3.1 ii, 1–30. Version 2010.

Jiménez, Q. Cornaceae. In: Hammel, B.E.; Zamora, N. y Grayum, M.H. (1996). *Manual de Plantas de Costa Rica*. Missouri Bot. Gard. Press, St. Louis & Inst. Nac. de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.

Johansson, U.S. y P.G.P. Ercison. (2004). A re-evaluation of basal phylogenetic relationships within trogons (Aves: Trogonidae) based on nuclear DNA sequences. *JZS* 43(2): 166–173

LaBastille, A., D.G. Allen, and L.W. Durrell. (1972). "Behavior and Feather Structure of the Quetzal." *The Auk*. 89:339-348.

Levey, D. (1988). Spatial and temporal variation in Costa Rica fruit and fruit-eating bird abundance. *Ecol. Monogr.* 58: 435-455

Loiselle, B. A. y J.G. Blake. (1991). Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. *Ecology* 72(1):180-193

Martínez, j. (1996). *El quetzal *Pharomachrus mocinno* en Nicaragua*. 3pp. Biblioteca Virtual, BIO-NICA. <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/BibliAves.htm>

Missouri Botanical Garden. (n.c. 7800232) <http://www.tropicos.org/Name/7800232>

Ochoa, S. (2008). *Una perspectiva de paisaje en el manejo del Corredor Biológico Mesoamericano*. En: Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica, Harver, C. & Sáenz, J. (Editores).

Paiz, M.C. (1996). *Migraciones estacionales del Quetzal (*Pharomachrus mocinno* mocinno de la Llave) en la Región de la Sierra de las Minas y sus implicaciones en la conservación de la especie*. Tesis. Universidad del Valle de Guatemala.

Peterson, R.T. y E.L. Chalif. (1973). *A Field Guide to Mexican Birds*. Boston, Mass, Houghton Mifflin Co.

Poulin, B., G. Lefebvre y Mcneil, R. (1992). Tropical avian phenology in relation to abundance and exploitation of food resources. *Ecology* 73: 2295-2309

Powell, V.N.G. y R. Bjork. (1994). Implications of altitudinal migration for conservation strategies to protect tropical biodiversity: a case study of quetzal *Pharomachrus mocinno* at Monteverde, Costa Rica. *Bird Cons. Int.* 4:161-174.

Powell, V.N.G. y R. Bjork. (1995). "Implications of Intratropical Migration on Reserve Design: a Case Study using *Pharomachrus mocinno*." *Conservation Biology*. 9(2): 354-362.

Quintana-Ascencio, P. F.; M. Gonzales-Espinosa y N. Ramírez-Marcial. (1992). Acorn removal, seedling survivorship and seedling growth of *Quercus crispipilis* in successional forest of the Highland of Chiapas, Mexico. *The bulletin of the Torrey Botanical Club* 119:6-18

Ramírez, M., N.C. Cruz, y M. Gonzales-Espinoza. (2003). *Guía para la propagación de especies leñosas nativas de los Altos y montañas del Norte de Chiapas*. México. El Colegio de la Frontera Sur.

- Raven, P.H. and D.L. Axelrod. (1974). Angiosperm Biogeography and Past Continental Movements. *Ann. Missouri Botanical Gardens*. 61:539-673.
- Rodríguez, C. (1996). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. Fascículo 45.
- Rosselli, L. (1989). *El ciclo anual de un ave frugívora migratoria altitudinal, Carapipo leucorrhoea (Pipridae) y los frutos que consume*. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 102 pp.
- Sibley, C.G. y J.E. Ahlquist. (1990). *Phylogeny and Classification of Birds*. New Haven and London. Yale University Press.
- Simberloff, D. (1994). "Habitat Fragmentation and Population Extinction of Birds." *Ibis* 137:s105-s111.
- Skutch, A.F. 1944. "Life History of the Quetzal." *The Condor*. 46(5) 213-235.
- Solórzano, S., S. Castillo, T. Valverde y L. Avila. (2000). Quetzal Abundance in Relation to Fruit Availability in a Cloud Forest in Southeastern Mexico. *Biotropica*. 32(3): 523-532.
- Solórzano, S., A.J. Baker y K. Oyama. (2009). Genetic diversity and conservation of the Resplendent Quetzal *Pharomachrus mocinno* in Mesoamerica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80: 241-248.
- Solórzano, S. y K. Oyama. (2009). Morphometric and molecular differentiation between quetzal subspecies of *Pharomachrus mocinno* (Trogoniformes: Trogonidae). *Rev. Biol. Trop.* 58(1): 357-371.
- Solórzano, S., A.J. Baker y K. Oyama. (2004). Conservation priorities for Resplendent Quetzals based on analysis of Mitochondrial DNA Control-Region Sequences. *The Condor*. 106(3): 449-456.
- Soule, M.E. y D. Simberloff. (1986). "What do Genetics and Ecology Tell Us About the Design of Nature Preserves?". *Biological Conservation*. 35: 19-40.
- Standley, P.C. y J.A. Steyermark. (1949). *Rhamnaceae*. In Standley, P.C. & Steyermark, J.A. (Eds), *Flora of Guatemala - Part VI*. Fieldiana, Bot. 24(6): 277-293.
- Standley, P.C. y J.A. Steyermark. (1958). *Podocarpaceae*. In Standley, P.C. & Steyermark, J.A. (Eds), *Flora of Guatemala - Part I*. Fieldiana, Bot. 24(1): 20-23.
- Stiles, F.G. (1988). *Altitudinal movements of birds on the Caribbean slope of Costa Rica: Implications for conservation*. In F. Almeda, and C. M. Pringle (Ed.). *Tropical*

rainforests: Diversity and conservation, pp. 243– 258. California Academy of Sciences, San Francisco, California.

Torres, G., E. Arnaéz, I. Moreira, F. Rojas. (1992). *Especies Forestales Tropicales No.2*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 8p.

UICN. (2001). *IUCN Red List Categ. Crit.* v. 3.1 ii, 1–30.

Weiss, P. (1999). "Singing Stairs." *Science News*. 44(1):155-158.

Weelwright, N.T. (1983). Fruits and the ecology of Resplendent Quetzal. *The Auk*. 100: 286-301.

Yuanqing, W., M. Jing, N. Xijun y L. Chuankui. (2007). Major events of paleogene mammal radiation in China. *Geological Journal*. 42(3-4): 415-430.

Zamora, N., Q. Jiménez y L.J. Poveda. (2004). *Árboles de Costa Rica*. Vol III. Centro Científico Tropical, Conservación Internacional & Instituto Nacional de Biodiversidad. Ed. INBio. 556. P



## 11. ANEXOS



**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 (*Parathesis leptopa*). 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* sp.). A) Follaje. B) y C) Frutos.





**Anexo No.8** Fotografías del Guatitum Rojo (*Parthesis* sp). 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.16** Ave encontrada por un golpe en la cabeza muerta después de la granizada ocurrida en el Biotopo del Quetzal el mes de abril de 2010.



**Anexo No.13** Fotografías del taller: *El Quetzal su hábitat y estado de Conservación.* Introducción al taller impartida por la auxiliar del proyecto Michelle Bustamante.





**Anexo No.14** Fotografías del taller: *El Quetzal su hábitat y estado de Conservación*. A) Presentación del taller. B) Niños que asistieron al taller.



**Anexo No.15** Fotografía de los niños asistentes al taller: *El Quetzal su hábitat y estado de Conservación*, mostrando sus pinta caritas del tema: *El Quetzal y sus Amigos del Bosque Nuboso*.





**Anexo No.16** Fotografías del taller: *El Quetzal su hábitat y estado de Conservación*. Se observa a los niños elaborando rompecabezas del Quetzal.





**Anexo No.17** Fotografías del taller: *El Quetzal su hábitat y estado de Conservación*. A) Presentación del taller. El Lic. Diego Juárez jugando el juego titulado: Quetzal, Pared y larga vistas.



**Anexo No.18** Fotografías del taller: *El Quetzal su hábitat y estado de Conservación*. A) Presentación del taller. Se observa a los niños jugando la sopa de letras sobre el Quetzal y su hábitat.



**Anexo No.19** Fotografías del taller: *El Quetzal su hábitat y estado de Conservación*. Presentación del taller. Se observa al Biólogo Diego Elías jugando el Ahorcado con el tema: El Quetzal y su reproducción.

### **Taller de educación ambiental “El quetzal, su hábitat y estado de conservación”**

El mes de agosto de 2010, llevamos a cabo el taller de educación ambiental para los niños de 5to y 6to primaria de la Escuela Urbana “José María Bonilla Ruano” de Purulhá, Baja Verapaz. El taller se llevo a cabo el día jueves 26 de agosto de 2010, de 7:00 a 13:00 horas. Dicha actividad fue desarrollada con el fin de dar a conocer la importancia social, ecológica y económica del Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) para las comunidades que forman parte del Corredor Biológico del Bosque Nuboso, así como para educar a los niños sobre las medidas que ellos y sus familias pueden llevar a cabo para conservar a la especie. En total se trabajo con 102 niños, los cuales fueron divididos en dos grupos. El primer grupo de 50 niños fue atendido de 7:30 a 10:00 y el segundo grupo de 52 niños fue atendido de 10:30 a 13:00 horas. Para ambos grupos la actividad inicio con una presentación en el programa Power Point la cual consistió en una serie de fotos sobre la ecología, importancia y estado de conservación de la especie. Después, cada grupo se dividió en cinco grupos de 10 alumnos aproximadamente. Cada uno de los grupos fue atendido por una persona y se jugo un juego en el cual se realizaban preguntas sobre el quetzal y se les enseñaba un poco mas sobre esta especie. Cuando los cinco grupos terminaban de jugar un juego entonces se rotaban hacia el siguiente juego. En total cada grupo de 10 niños jugo cinco juegos. Entre los juegos educativos que llevamos a cabo estuvieron: rompecabezas del quetzal, sopa de letras, ahorcado, ruleta, entre otros (Ver fotografías de la actividad en el Anexos No. 13 al 19).