

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**T E S I S**

Selección y uso de hábitat de  
quetzales (*Pharomachrus mocinno*)  
en el polígono I de la Reserva de la  
Biosfera El Triunfo

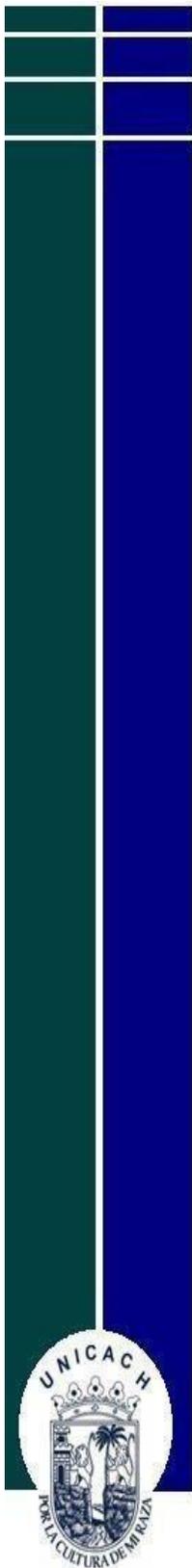
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTA

**NEPTHALY RAMÍREZ MORALES**

Director

DR. ESTEBAN PINEDA DIEZ DE BONILLA  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

abril 2025

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**T E S I S**

Selección y uso de hábitat de  
quetzales (*Pharomachrus mocinno*)  
en el polígono I de la Reserva de la  
Biosfera El Triunfo

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTA

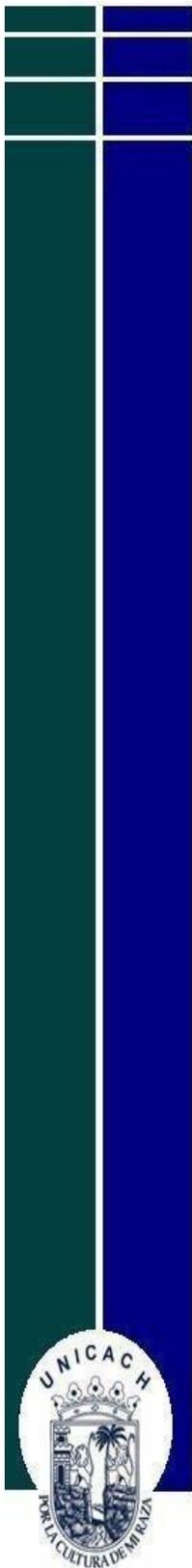
**NEPTHALY RAMÍREZ MORALES**

Director

DR. ESTEBAN PINEDA DIEZ DE BONILLA  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

abril 2025





**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**  
SECRETARÍA GENERAL  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;  
Fecha: 10 de abril de 2025

C. **Nepthaly Ramírez Morales**

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Selección y uso de hábitat de quetzales (*Pharomachrus mocinno*) en el polígono I de la  
Reserva de la Biosfera El Triunfo

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

**Dr. Ernesto Velázquez Velázquez**

**Dr. César Tejeda Cruz**

**Dr. Esteban Pineda Diez de Bonilla**

**Firmas:**

Ccp. Expediente

## **Agradecimientos**

Agradezco principalmente a Dios y a mi familia por siempre apoyarme y guiarme por el mejor de los caminos, siempre alentándome para lograr mis objetivos. Gracias mamá y hermanos por siempre estar.

Agradezco infinitamente a todos el personal de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, en especial al Bio. Alexer Vázquez Vázquez, Miriam Janeth González García, Ismael Gálvez Gálvez, Anelfo Gálvez Gálvez, Gilberto Argueta Alvarado, Ramiro Gálvez Roblero, Roberto Gálvez Mejía y Rossana Mengchún por todo el apoyo para realizar este trabajo. A Leonila Vázquez Santiago por ser mi apoyo incondicional.

Agradezco a mis amigos Eduardo Cruz y Jazmín Ramírez Ramírez que me acompañaron a las caminatas en el Triunfo.

Agradezco infinitamente al Dr. Esteban Diez de Bonilla por el tiempo dedicado para este trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Hábitat	6
2.1    Uso de hábitat	7
2.2 Selección de hábitat	9
III. ANTECEDENTES	17
IV. OBJETIVOS	21
V. ZONA DE ESTUDIO	22
5.1 Generalidades	22
5.2 Características físicas y biológicas	23
VI. MÉTODO	26
VII. RESULTADOS	30
VIII. DISCUSIÓN	34
IX. CONCLUSIÓN	38
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Área de estudio	23
Figura 2. Mapa con registro de los sitios de anidación	31
Figura 3. Análisis de Correspondencia sin Tendencia	32

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Especies utilizadas para la nidación de los quetzales	35
--	----

## RESUMEN

La preferencia del hábitat es un tema de importancia para la ecología, biología y conservación de la diversidad biológica ya que nos permite determinar los recursos y condiciones que requiere una especie para la supervivencia, reproducción y perduración en el tiempo. En este sentido el uso y selección de hábitat para muchas aves es determinante de su éxito reproductivo y por tanto del mantenimiento de sus poblaciones, para muchas aves con requerimientos especiales, para esto se ve relacionado con características del sitio y principalmente por la estructura física del ambiente, la fisiología del animal, la disponibilidad de alimento y la protección contra depredadores.

Del 2019 al 2021 se realizó el registro de nidos de quetzales en el polígono I de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, registrando un total de 16 nidos.

Las características del hábitat fueron analizadas en un contexto espacial con QGis usando 12 variables ambientales, las cuáles se consideraron importantes para la selección de hábitat para esta especie. Se utilizó un análisis multivariado de correspondencia sin tendencia para determinar si estas variables eran importantes para la preferencia del hábitat, se encontró que las variables más representativas fueron el viento, la temperatura, el NDVI y el relieve con el 75% de la varianza los resultados. Para las características físicas se encontró que los quetzales construyen los nidos en tocones de árboles de corcho (*Heliocarpus donell-smithii* encinos (*Quercus sp.*) y montón (*Matudae trinervia*) con alturas promedio de 6.2 m, encontrando las cavidades a alturas promedio de 5 m, con un DAP promedio de 24.5 cm. Se estimó 207 nidos para el área del polígono I, encontrando un nido por cada 55.8 ha. No se encontraron variables específicas que ayudaran definir las características principales del área para anidar, por lo que se recomienda realizar estudios a nivel microhábitat para obtener resultados más específicos.

# I. INTRODUCCIÓN

La acelerada pérdida y fragmentación de los bosques de niebla se identifica como la principal causa de pérdida de diversidad biológica a nivel mundial. En el caso de América Latina, los bosques mesófilos de montaña constituyen uno de los hábitats boscosos más susceptibles a la perturbación y fragmentación (Rzedowski, 2006). Estos bosques constituyen el hábitat principal del quetzal y otras especies que dependen o son exclusivas de estos bosques (Bustamante *et al.*, 2018).

El quetzal mesoamericano (*Pharomachrus mocinno*) es una especie endémica que habitan en los bosques tropicales de Mesoamérica, generalmente se encuentran individuos solos o en parejas (Howell y Webb, 1995), además es considerada de importancia para su conservación como especie bandera del bosque mesófilo. De acuerdo con la Unión internacional para la conservación (UICN) esta especie se encuentra catalogada como casi amenazada, (BirdLife International, 2016), mientras que en México se encuentra dentro de la NOM-059-semarnat-2010 como especie en peligro de extinción. Esto se debe a la fragmentación del hábitat, la caza,, por ello esta especie ha ido disminuyendo poblacionalmente provocando un mayor interés en la conservación de esta especie ya que se han estimado 100 parejas reproductivas en la RB El Triunfo (Solórzano y Oyama, 2002; Solórzano *et al.*, 2003). En otro estudio sobre “Sistemática molecular de Trogoniformes (Aves): Filogenia del orden y análisis de variabilidad genética de quetzales en la reserva de la Biosfera El Triunfo” menciona que la estimación de individuos efectivos es de entre 591 a 1076 individuos, estimando una densidad de una pareja por hectárea (Espinosa de los Monteros, 2001).

Estas aves habitan en las selvas tropicales y montañosas de América Central, donde se alimentan de frutos y especies vegetales que incluyen una variedad de 32 especies (Solórzano *et al.*, 2000); además de insectos, lagartijas y otras presas pequeñas (Dayer, 2010). La temporada de reproducción de esta ave va de enero a junio por lo que los nidos comienzan a realizarlos entre enero y febrero que es cuando inicia el periodo de cortejo, siendo marzo y abril la temporada más

fuerte de reproducción (SEMARNAT, 2018). En Guatemala se han observado que los nidos los construyen en troncos o ramas de cedro (*Cedrela odorata*), encino (*Lonchocarpus sp*), chicharro (*Quercus skinneri*), ojusthe de montaña (*Brosimum costaricanum*), carreto (*Prunus salasii*), ciprés de Verapaz (*Juniperus fláccida*) y algunas especies de pinos (Burgos, 2007), para las poblaciones de México se han observado especies como el corcho (*Heliocarpus donell-smithii*), encinos (*Quercus sp.*) y montón (*Matudaeae trinervia*). Los nidos son construidos por la pareja en árboles viejos y con madera bofa o bien los quetzales ocupan y amplían nidos (cavidades) de otras, principalmente de pájaros carpinteros, (Wheelwright, 1983, Johnsgard, 2000), ambos sexos tomas turnos para incubar dos o tres huevos (SEMARNAT, 2018).

Las densidades de reproducción y éxito reproductivo de las aves pueden variar en relación a la disponibilidad de alimento (Salamolard *et al.*, 2000, Redpath *et al.*, 2001), se ha visto que la disponibilidad de frutos es importante para los quetzales desde que comienzan con las actividades de cortejo, anidación y empollamiento, esto se puede deber a que las actividades realizadas demandan mayor gasto energético y más aún en la temporada de empollamiento (Bustamante 2012). Por ello, los sitios de anidación deben contar con la cantidad suficiente de alimento para poder tener el éxito reproductivo esperado. El ámbito hogareño de esta especie es de 0.5 km<sup>2</sup> llegando a variar en la RB El Triunfo, en esta superficie resuelven todas sus necesidades. No se tiene claro cómo delimitan su territorio, lo que se ha registrado es que estos individuos no salen de estos sitios durante toda la temporada de reproducción (Solórzano, 2010).

Brower y Zar (1990) definen al hábitat como sitios donde habitan organismos o un grupo de organismos descrito por la geografía, ambientes físicos, químicos y características bióticas. Los hábitats reproductivos de los quetzales están representados a lo largo de Mesoamérica por bosques muy húmedos llamados bosque mesófilo de montaña (Ávila y Hernández, 1990; Solórzano, 1995) o bosques de niebla (Ávila *et al.*, 1996; Solórzano *et al.*, 2000), que se encuentran entre 1 600 y 3 400 m de altitud (Stotz *et al.*, 1996). Estos hábitats se han ido deteriorando por perturbación humana y efectos del cambio climático, por lo que la especie cada vez

tiene menos espacios para de anidación. Lloyd y Martín (2004). Latiff *et al.*, (2012) mencionan que la construcción de nidos durante la reproducción es muy importante debido a que si no seleccionan bien el área para anidar no tendrán el éxito reproductivo que se desea (Ramírez, 2017). La caracterización del hábitat preferido por las especies de aves puede facilitar la capacidad de la especie para responder a los cambios en el tiempo y el espacio (Rotenberry, 1978), por lo que esta información puede servir para apoyar las políticas de conservación y reorientar las que se tienen, para ayudar a conservar mejor estas áreas, esperando así obtener un mejor éxito reproductivo (Brower y Zar, 1990).

La preferencia del hábitat es un tema de importancia para la ecología, biología y conservación de la diversidad biológica ya que nos permite determinar los recursos y condiciones que requiere una especie para la supervivencia, reproducción y perduración en el tiempo (Montenegro, 2008). En este sentido, el uso y la selección del hábitat para muchas aves es cruciales para su éxito reproductivo y, consecuentemente, para el mantenimiento de sus poblaciones. Para aquellas aves con requerimientos especiales, esto se relaciona con las características del sitio, la estructura física del ambiente, la fisiología del animal, la disponibilidad de alimento y la protección contra depredadores (Rengifo M., et al, 2015).). La selección de hábitat es un proceso por medio del cual el animal elige el recurso entre distintas alternativas disponibles, mientras que el uso de hábitat es el aprovechamiento de los recursos físicos y biológicos de una especie, por lo que el uso no puede determinar que exista una selección. La selección se basa en decisiones genéticas y aprendidas por cada organismo llegando tener más peso una variable que otra (Corbalán, 2004; Montenegro y Acosta, 2008), pero para que un hábitat sea seleccionado, éste debe estar disponible para la especie, es decir, que el hábitat y los recursos a usar no posean factores limitantes (Hall *et al.*, 1997). La selección de hábitat es un proceso jerárquico que involucra una serie de decisiones innatas y aprendidas realizadas por el animal a diferentes escalas del ambiente, desde un nivel de macrohábitat al de microhábitat (Corbalán, 2004). Sin embargo, el cambio de uso de sitios para anidación ha sido descrito como una causa

del empobrecimiento de recursos alimenticios en ambientes por degradación de los hábitats para muchas aves sobre todo de aquellas presentes en hábitats abiertos (Tella *et al.*, 1998, Newton 2004). Sin embargo, la intensificación del cambio de uso de suelo no ha afectado a todas las especies de la misma manera, y algunas especies incluso pueden tomar ventaja en estos ambientes modificados (Siriwardena *et al.*, 1998).

Como especie de interés para la conservación, el quetzal, se ha convertido en el foco de esfuerzos para la protección de ecosistemas en una región de alta diversidad y endemismo como el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera el Triunfo y en otros lugares de Centroamérica. Es por esto que resulta importante conocer los requerimientos que tiene la especie durante la reproducción, específicamente las características de los sitios de anidación, ya que favorecerá en las estrategias de conservación de sus poblaciones, así como de concomitantes beneficios para la conservación de muchas otras especies del bosque mesófilo (Wheelwright 1983, Powell y Bjork 1995).

## II. MARCO TEÓRICO

El entendimiento de los requerimientos de hábitat de un animal y el motivo por el cual una especie decide seleccionar un área en particular constituye un tema de particular interés en múltiples disciplinas como biología, ecología, evolución y áreas relacionadas con la administración y conservación de recursos naturales debido a que es un factor crítico para el manejo sustentable efectivo de poblaciones de fauna silvestre. (Montenegro y Acosta, 2008; Corriale, 2010). Numerosos trabajos indican que existe una estrecha relación entre la selección del lugar donde están presentes las aves y la composición y estructura de la vegetación (Cody 1985). Esta información permite inferir las necesidades ecológicas, es decir, las condiciones y los recursos bióticos y abióticos que requiere un organismo para explicar su abundancia y la distribución espacial (Manly *et al.*, 1993). Según Matthiopoulos (2003), la preferencia de hábitat sólo puede ser inferida, o evaluada de manera indirecta, por medio del uso que hace el organismo de algunos recursos físicos y biológicos en hábitats diferentes (Litvaitis *et al.*, 1994).

## 2.1 Hábitat

El término hábitat ha sido utilizado para designar el lugar en que vive un organismo, una población, una especie o un conjunto de especies, en dicho lugar existen los recursos y las condiciones físicas y bióticas necesarias que permiten la sobrevivencia, reproducción y establecimiento de un organismo (Batzli y Lesieutre, 1991; Lubin *et al.*, 1993; Jardel, 2015). Suele ser específico para cada especie y depende de la preferencia de los organismos, este puede ser compartido por una o varias especies. Se caracteriza por utilizar más de un tipo de ambiente o estructura de vegetación tomando los recursos específicos necesarios para la especie (Franklin *et al.*, 2002; Gallina y López, 2012). Para algunas especies, el hábitat puede estar constituido por un único tipo de ambiente que provee por completo los recursos necesarios para la especie (Corriale, 2010).

Por lo tanto, el hábitat es la suma total de condiciones ambientales de un lugar donde una especie vive y encuentra los requerimientos ambientales que hacen posible su reproducción y sobrevivencia. Los requerimientos de hábitat de una especie están determinados por la amplitud o rango de condiciones ambientales a los cuales está adaptada, esto es, su nicho ecológico (Jardel, 2015). Sin embargo, los hábitats son muy susceptibles a la fragmentación, ocasionada tanto por impactos antropogénicos como impactos naturales, por lo que muchos de los hábitats se han ido modificando o desaparecido, afectando a las poblaciones especies que allí se encuentran.

Existen 4 escalas de hábitat propuestas por Huggett (1998) y descritas más tarde por Greene *et al.* (1999) van desde pequeños (micro), pasando por mediana escala (mesohábitats), gran escala (macrohábitats) y muy grande (megahábitats) (Gallina y López, 2012); las escalas de macrohábitat y microhábitat son las más comúnmente utilizadas y se refieren a la escala de paisaje en el que un estudio se está llevando a cabo para un animal en un tipo de hábitat determinado (Krausman, 1999). En general, se refiere a los macrohábitats en escala de paisaje, tales como características serales, etapas o zonas de asociaciones específicas de

la vegetación (Block y Brennan 1993); en cambio el microhábitat normalmente se refiere a las características del hábitat en una escala fina.

La caracterización y clasificación de los hábitats terrestres requiere la descripción de las condiciones físicas del sitio: altitud, posición topográfica, geoforma, suelo, clima, pendiente y exposición. También se debe considerar la estructura: estratificación vertical, densidad, distribución de tamaños del arbolado y composición de la vegetación, al menos a nivel de la composición del estrato arbóreo y de las especies dominantes o características de los estratos herbáceo y arbustivo. Además, es crucial identificar componentes clave del hábitat como árboles con cavidades y epífitas, árboles muertos en pie y material leñoso caído grueso. Otros elementos importantes en los hábitats de las áreas forestales incluyen cuerpos de agua, afloramientos y paredes rocosas, y suelos (Lindenmayer y Franklin 2002; Jardel, 2015). Las características físicas y biológicas de los diferentes tipos de hábitats pueden tener efectos importantes tanto sobre la densidad de las poblaciones animales como en la selección de hábitat y el patrón de uso de recursos por parte de los individuos (Wiens, 1992).

## **2.1 Uso de hábitat**

Los sistemas terrestres son un mosaico estructuralmente y climatológicamente complejo y esto ocurre a cualquier escala espacial. Debido a esto la mayoría de los organismos muestran una especificidad por ciertas características de dicho mosaico, y esto ayuda a los ecólogos a reconocer sitios adecuados para los organismos (Carbajal, 2013).

Para realizar un estudio de hábitat es necesario identificar los factores que un organismo utiliza para aprovechar los recursos disponibles. - Describir cómo los animales utilizan el espacio, especialmente en relación con otros individuos de su misma especie, constituye un primer paso fundamental para entender diversos aspectos de su ecología. Por lo tanto, el uso del hábitat es frecuentemente un elemento básico en los planes de conservación y manejo de especies (Braun, 1985; Norris, 2004).

El uso del hábitat por parte de las aves está asociado a las características ambientales locales y a los requerimientos específicos de cada especie (Blanco 1999, Torres 2007, Weller, 1999). Estos requerimientos determinan las características de los hábitats, por lo que es importante conocer la disponibilidad de ciertos recursos. Esta disponibilidad implica que los recursos sean accesibles y que puedan ser utilizados. Es decir, que es aquello a lo que el animal tiene acceso, lo que contrasta con la cantidad de alimento por unidad de área o densidad de alimento (abundancia de alimento) (García-Rojas, 2006; Solórzano *et al*, 2000). Se consideran además la cobertura vegetal del área, la altura del dosel, el tipo de vegetación, las condiciones climáticas, la altitud, entre otros factores que ayudarán a determinar que recursos puedan utilizar las especies para su supervivencia (Gallina, 2012).

El uso de un hábitat puede definirse como la forma en que un organismo aprovecha todos los componentes físicos y biológicos dentro de un hábitat, sin implicar necesariamente que exista una selección del mismo ya que selección es un proceso jerárquico que involucra una variedad de decisiones innatas (genéticas) y aprendidas por parte de cada organismo, que resultan en el uso desproporcionado de unos recursos sobre otros y por ende de aquellos hábitat que los contengan (Montenegro y Acosta, 2008). Peek (1986) menciona que el uso del hábitat es sólo su ocupación, pero no considera su posible selección.

El uso de hábitat dependerá del tamaño de territorio que cada especie utilice, hay aves que tienen una extensión territorial muy similar a otras aves en un área determinada y en otras áreas no son tan similares. Estas similitudes o disimilitudes del tamaño de territorio dependerán de la disposición de recursos (alimento, refugio, cobertura vegetal, etc.) disponibles en el sitio, así como la competencia interespecífica y/o la calidad del hábitat (Tinajero, 2005). Por lo tanto, para analizar el uso de hábitat se debe considerar las condiciones de hábitat, determinando así la extensión del territorio que las especies requieren, dicha extensión de territorio también estará influenciada por las alteraciones antropogénicas, ya que debido a acciones como la ganadería, agricultura, turismo, tala, caza, etc., han provocado modificaciones en los hábitats de ciertas especies, afectando considerablemente

sus poblaciones, en especial a aquellas especies que son muy sensibles a las alteraciones del ambiente (Ayuso, 2005; Tinajero, 2005). Sin embargo, la intensificación del cambio de uso de suelo no ha afectado a todas las especies de la misma manera, y algunas especies incluso pueden tomar ventaja en estos ambientes modificados (Siriwardena *et al.* 1998).

## **2.2 Selección de hábitat**

Los modelos de selección de hábitat son utilizados para determinar la calidad del hábitat, así como también para predecir alteraciones del hábitat y el manejo de la fauna silvestre, entre otros. Pero estos modelos presentan dos supuestos: 1) hábitats con altas densidades de individuos, ósea que presentan alta selección serán hábitats de buena calidad, por el contrario los que presenten baja densidad de individuos serán hábitats de baja calidad, por lo que las densidades de poblaciones son directamente proporcionales a la calidad del hábitat. A menudo se supone que una especie seleccionará recursos que están en mejores condiciones para satisfacer sus necesidades de vida, por lo que los recursos de alta calidad serán seleccionados más que los de baja calidad. 2) Las poblaciones de animales responden positivamente a la disponibilidad de hábitats altamente seleccionados (Manly *et al.*, 2002; Monteverde, 2013).

Por ello, determinar la selección de hábitat es indispensable para conocer la relación a su disponibilidad y la calidad de los recursos, siendo así importante para poder comprender y explicar las interacciones de los organismos en el ambiente, por lo que también pueden orientar acciones para la protección de especies que se encuentran amenazadas (Medina *et al.*, 2007). Los estudios de relaciones entre organismos y sus hábitats generalmente asumen que los individuos seleccionan las mejores condiciones para vivir, y es posible encontrar correlaciones entre la distribución, abundancia, demografía y variables ambientales. (Morrison *et al.*, 1998; Guisan y Thuiller, 2005).

De manera general, la selección es un proceso jerárquico que involucra una serie de decisiones comportamentales innatas y aprendidas por el animal para

realizar sus funciones vitales, ya sea de alimentación, refugio, anidación, entre otras, a diferentes escalas de macro hábitat hasta micro hábitat (Hutto, 1985, citado en Ramírez, 2017). La selección de hábitat conlleva conductas y procesos ambientales complejos (Jones 2001), los cuales son influenciados por procesos históricos (eventos catastróficos), ecológicos (competencia interespecífica) y evolutivos (especialización morfológica); (Storch y Frynta 2000).

La escala macrohábitat involucra una combinación de ambientes que le permiten al individuo o población encontrar los recursos requeridos para su supervivencia; mientras que la escala micróhábitat son decisiones del individuo de uso del espacio y sus recursos de acuerdo no sólo a la calidad y cantidad sino también a factores tales como la disponibilidad de alimento y/o refugio, riesgo de depredación y algunos factores ambientales que puedan afectar (Corriale, 2010).

Por lo tanto, los organismos seleccionan y se establecen en aquellos hábitats en donde puedan satisfacer sus requerimientos biológicos básicos con los recursos disponibles en ellos (Manly *et al.* 2002). La selección de hábitat depende mayormente de la calidad básica de los diferentes hábitats disponibles. Esta calidad está determinada por el ajuste entre los recursos disponibles y los requerimientos específicos de cada especie y está fuertemente influenciada por la densidad poblacional y las condiciones ambientales (Monteverde, 2013). Sin embargo, la selección de un hábitat está influenciada no sólo por la cantidad y calidad de ambientes o elementos del paisaje, sino también por su disposición, sus posibilidades de uso efectivo y la plasticidad fenotípica de los individuos. La disponibilidad de un recurso o sus posibilidades de uso efectivo estarán afectadas no sólo por las características ambientales sino también por presiones competitivas, por presencia de depredadores (Corriale, 2010). En el caso de las aves la selección de hábitat en aves es el resultado de decisiones jerárquicas basadas en diferentes claves del ambiente, las cuales suelen estar asociadas con la disponibilidad de alimento, sitios de nidificación o riesgo depredación. Por lo que pueden seleccionar diferentes características del ambiente dependiendo de la escala en las que son estudiadas (Lacorezt, 2009).

Muchos factores contribuyen a la selección del hábitat, estos factores incluyen la estructura del paisaje que puede influir en como los animales se mueven por él, la competencia, selección natural, textura del forraje, herencia, depredación y el tamaño del parche de hábitat (Peek, 1986; Jones, 2001; Manly *et al.*, 2002). Por ello, las estrategias de selección de hábitat tienen influencias en el éxito individual, esto se debe a que la abundancia y disponibilidad de los recursos son discontinuas en ambientes naturales. Por lo tanto, los recursos utilizados deben compararse con los disponibles (o no utilizados) recursos para llegar a conclusiones válidas sobre la selección de recursos (Manly *et al.*, 2002). Estos hábitats seleccionados deberían contener recursos esenciales para asegurar la supervivencia individual, la reproducción, la alimentación, el refugio y la pareja. Sin embargo, las soluciones de compromiso entre las diferentes etapas de la historia de vida, la variabilidad ambiental y la dinámica depredador-presa pueden interactuar con las preferencias individuales, resultando en la selección de hábitats sub-óptimos por parte de los individuos (Gibson *et al.*, 2016; Villagran, 2016).

Los requisitos de hábitat que las especies en este caso de las aves parecen estar basadas en características de superficiales como la fisionomía de la vegetación o patrones de paisaje, hay aves que no son tan estrictas al momento de realizar la selección de los hábitats y pueden aprovechar los recursos que se les presentes en distintos hábitats, y hay especies que son estrictas al momento de realizar la selección y son muy específicas ya requieren de cierto grado de altitud o cierto tipo de vegetación para realizar sus actividades (Storch y Frynta 2000), por lo que estas especies tienden a tener ciertas limitantes, por ejemplo el quetzal que se espera que sean altamente selectivo tienden a tener muchas limitantes, esto se debe a la fragmentación de los bosques en los que el habita, viéndose obligado a migrar a sitios donde consiga la disponibilidad de recursos que requiere, por lo consiguiente se dice que estos individuos tienden a tener un fitness alto debido a que estos altamente selectivos. El fitness está muy relacionado con la selección del hábitat; hay una regla evolutiva única de que en cualquier paso, los individuos "selectivos" deben tener un mayor fitness promedio que los "no selectivos" y esta regla evolutiva radica en la heterogeneidad espacial y temporal del ambiente y en la capacidad que tienen los individuos para seleccionar los hábitats que proveen los

recursos necesarios y condiciones (alimento, refugio, pareja, anidación) que permitan la reproducción y supervivencia del mismo (Storch y Frynta 2000; Ferrer , 2015).

La selección de hábitat está relacionada con disponibilidad de frutos en los árboles en la temporada reproductiva y no por la cantidad de árboles presentes, se ha observado que la abundancia del quetzal correlacionada con la disponibilidad de alimento. Se tiene registrado que el quetzal consume hasta 32 especies de frutos en donde predominando las especies de la familia Lauraceae, además de consumir algunas lagartijas, insectos y anfibios los cuales son para alimentar a los polluelos en los primeros días (Solórzano, 2000 y García-Rojas, 2006).

### **2.3 Quetzal (*Pharomachrus mocinno*)**

#### *Biología y ecología*

El Quetzal es una especie endémica de Mesoamérica (Howell y Webb, 1995), es considerada bandera en los ecosistemas en los que habita, esto debido a su llamativo color y plumaje tan exuberante, además de que cumple funciones importantes en los ecosistemas ya que son dispersores de semillas y son indicadores de áreas conservadas. Esta especie pertenece a la familia Trogonidae, que etimológicamente proviene del griego “tragón” y significa mordisquear, debido a que estas aves horadan agujeros en los árboles para construir sus nidos (SEMARNAT, 2018).

Esta familia presenta aves que habitan en bosques tropicales y subtropicales de África (tres especies), América (26) y Asia (10), con excepción de *Euptilotisneoxenus*, cuya distribución llega hasta el sur del estado de Arizona (Sibley y Ahlquist, 1990). El género *Pharomachrus* engloba a 5 especies, distribuidas por Mesoamérica y parte de Suramérica; en el territorio mexicano solo se encuentra una especie el Quetzal mesoamericano (*Pharomachrus mocinno mocinno*) que distribuye desde los límites de Oaxaca y Chiapas hasta Panamá (Howell y Webb, 1995). Los miembros actuales de Trogonidae se consideran entre las aves más

llamativas del mundo debido a la iridiscencia de su plumaje, el Quetzal es uno de los representantes más fascinantes de la familia (Solórzano y Oyama, 2002).

El quetzal presenta un marcado dimorfismo sexual en los adultos: el macho mide aproximadamente 35 centímetros de largo; se distingue por su color verde metálico, por su penacho, pecho y abdomen rojo, su pico amarillo y su espectacular cola, se caracterizan por presentar una cresta de plumas, cobertoras de las alas elongadas, y cobertoras dorsales de la cola elongadas que en algunas especies pueden sobrepasar la longitud llegando a medir más de 90 cm, con una coloración esmeralda iridiscente. La hembra, como sucede en muchas especies de aves, es menos llamativa, ya que carece de penacho, tiene el pecho gris, el pico negro y la cola mucho más corta. (Sibley y Ahlquist, 1990; Espinoza, 2001; Univ. Ibero, 2007; SEMARNAT, 2018).

#### *Hábitat, distribución y estado de conservación*

*Pharomachrus mocinno* es una especie exclusiva de Mesoamérica, que habita en los bosques de niebla, también conocidos como bosque mesófilo o bosques nubosos montañosos del sur de México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, costa rica y el noreste de Panamá (Solórzano y Oyama, 2002; SEMARNAT, 2018). El quetzal se puede encontrar a un grado altitudinal que van de los 900 a los 3200, dependiendo el área geográfica, en México (Oaxaca) se encuentra a una altitud que va de los 900 a los 2275 msnm y más al sur se pueden encontrar de los 1200 a los 3200 msnm (BirdLife International 2016; del Hoyo *et al.* 2001). Esta especie se encuentra generalmente en el dosel y la subcanopia de los bosques montanos de hoja perenne imperturbables, húmedos, no perturbados, bosques nubosos, barrancos y acantilados de vegetación espesa; también se puede encontrar en claros y pastizales parecidos a parques y situaciones abiertas con árboles dispersos adyacentes al bosque (del Hoyo *et al.* 2001).

Todos los bosques de estos ecosistemas en los que se puede encontrar el quetzal (México, Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Panamá) son muy similares en las condiciones de alta humedad; la temperatura promedio en la corta estación seca (enero a abril) no supera los 26 C, los árboles del dosel no es menor nunca a

los 25 m y en promedio alcanza entre 30 y 50 m de alto, pero hay casos como Sierra de las Minas, Guatemala donde es de 60 m, sin embargo, la composición vegetal de estos bosques es muy variadas (SEMARNAT, 2018; Naturalista, 2020). Por ser una especie migratoria altitudinal, hace uso de otros tipos de hábitats en altitudes menores a lo largo de su ciclo anual. Se conoce que el Quetzal se desplaza hasta 10 kilómetros de su lugar de reproducción, llegando hasta altitudes de 800 metros dentro de zona de amortiguamiento de la RB El Triunfo, lo cual ya había sido detectado de manera similar en las poblaciones de Costa Rica (Altamirano *et al.*, 2009).

La migración altitudinal se inicia a finales de mayo, primero migran individuos que no se reprodujeron o los jóvenes. Estos individuos migran hacia bosques templados de pino-encino-liquidámbar, pino-encino, selvas altas de montaña, bosques de encino y vegetación riparia, entre otros, realizando movimientos de una o dos semanas hacia lugares cercanos hasta que se establecen en un sitio hasta el final del año. En diciembre los individuos migrantes regresan a sus áreas de anidación donde luego usualmente buscan a su pareja del año anterior. En México las áreas de anidación se encuentran en bosques con altitudes que van de los 1400 hasta poco más de los 2500, mientras que las áreas no reproductivas a las que migran de junio- diciembre se encuentran entre 800 y 1,400 msnm (Solórzano y Oyama 2002; Bustamante *et al.*, 2018).

Los bosques de niebla, áreas de distribución del Quetzal, cada vez están más reducidos. En México, se ha perdido el 78 por ciento de ese ecosistema en las últimas décadas, esto se debe a que se han ido fragmentando a causa de las actividades humanas como la ganadería, agricultura, siembra de café, entre otras actividades que afectan estos bosques. Secretaría de Medio ambiente e Historia Natural (SEMAHN, 2018). Por estas fragmentaciones, la caza ilegal y el turismo no moderado el Quetzal ha ido disminuyendo sus poblaciones, por lo que en México la NOM059-SEMARNAT-2010 lo clasifica como una especie en peligro de extinción (Rangel y Espíndola, 2019) y la UICN la cataloga como una especie casi amenazada, porque se sospecha que está experimentando una disminución moderada de la población debido a la deforestación generalizada (BirdLife International, 2016).

### *Alimentación*

Es principalmente frugívoro, alimentándose anualmente de al menos 41 especies en la Reserva del Bosque Nuboso de Monteverde, Costa Rica. En la RB El Triunfo se alimenta de hasta 32 especies de árboles (Wheelwright 1983; Solórzano *et al.*, 2000). El quetzal depende principalmente de plantas de la familia Lauraceae y Moraceae que constituye el 44% de su alimentación. La mayoría de las especies reportadas (78%) corresponden a especies de bosque nuboso, mientras que el resto de las plantas reportadas (22%) se encuentran presentes en sitios no reproductivos. (Solórzano *et al.*, 2000). La familia Lauraceae parece dictar el momento y la dirección de los movimientos altitudinales estacionales entre 1,000 y 3,000 msnm (Wheelwright 1983; Loiselle *et al.*, 1989). La especie también se alimenta de insectos, ranas pequeñas, lagartos y caracoles, principalmente durante el período de reproducción ya que la dieta de las crías consiste de frutas, insectos y pequeños vertebrados (del Hoyo *et al.*, 2001; Renner, 2005; Bustamante, 2012; SEMAHN, 2018).

Los quetzales carecen de un buche y el intestino y los sacos fecales a menudo están llenos de piel de frutas, lo señala una digestión ayudada por bacterias (Wheelwright, 1983). Los quetzales se alimentan tomados los frutos al vuelo de las ramas distales de los árboles por lo que volar a alguna percha para tragar y después regurgitar las semillas lo hacen un buen dispersor de semilla, ya que van dejando semillas lejos del árbol principal (Bustamante, 2012; Bustamante *et al.*, 2018).

### *Reproducción*

La reproducción del Quetzal puede describirse en: agrupamiento y cortejo (enero-febrero), anidamiento (febrero-mayo) y crianza de los pichones (marzo-junio), (Solórzano y Oyama, 2002; Bustamante, 2012). El cortejo comienza con el agrupamiento varios machos, estos realizan vuelos verticales y cantos sobre las copas de los árboles para impresionar a la hembra, que se encuentra perchada observando para poder elegir a la que será su pareja. Ésta especie se caracteriza por ser monógama, puesto que realizan sus nidos juntos y se reproducen solo con la pareja eligieron (Juárez y González, 2010).

Esta especie suele realizar sus nidos en árboles muertos en pie o tocones, que tienden a encontrarse solo en bosques no perturbados con árboles muy viejos (Renner, 2005; Skutch, 1944 citado en Bustamante, 2018), algunas de las especies de troncos que utilizan son cedro (*Cedrela odorata*), encino (*Lonchocarpus sp.*), chicharro (*Quercus skinneri*), ojusthe de montaña (*Brosimum costaricanum*), carrito (*Prunus salasii*), ciprés de Verapaz (*Juniperus fláccida*) y algunas especies de pinos (Burgos, 2007). Los nidos son excavados en conjunto por la pareja; ocasionalmente modifican nidos previamente elaborados por otras especies como carpinteros. Esta especie llega a poner dos huevos anualmente de color turquesa los cuales son cuidados por ambos padres, repartiéndose las tareas, ya que es un cuidado largo, siendo muy vulnerables ante sus depredadores como la tucaneta verde, los búhos, halcones, aguilillas, ardillas y otros mamíferos nocturnos (Bustamante, 2018; SEMAHN, 2018; Rangel y Espíndola, 2019).

Wheelwright (1983) encontró que la altura promedio de los nidos en Costa Rica es de 8.8 m, mientras que para Guatemala se reportó una altura promedio 9.5 m. Las cavidades de los nidos, según Bowes y Allen (1969) miden 10 cm en la entrada con una profundidad de 30 cm. Se sabe que los quetzales reutilizan los nidos para varios eventos de reproducción, esto si no es depredado o deteriorado ya que si esto ocurre muy difícilmente volverán a ocupar el mismo nido (Skutch, 1944 citado en Bustamante, 2012).

La cría se lleva a cabo en marzo-junio; el período de incubación es de 17-19 días, seguido de un período inicial de 23-31 días (del Hoyo *et al.* 2001). Una vez eclosionan los pichones, permanecen dentro del nido en el cual se alimentan principalmente de insectos, anfibios y reptiles que son capturados y pre digeridos por los padres; además de frutos de los que regularmente se alimentan los padres (Ávila, *et al.*, 1996). Después de los primeros días, los adultos comienzan a disminuir la cantidad de proteína y aumentan la cantidad de frutas (Forshaw, 2009 citado en Bustamante, 2018). En dos semanas los polluelos están cubiertos de plumas de color café oscuro, con pequeños puntos de color más claro. Las plumas verde iridiscentes aparecen en la parte de la nuca cuando están a punto de abandonar el nido. Los polluelos pesan usualmente unos 80 gramos y miden alrededor de 11.1 cm de longitud (Skutch, 1944 citado en Bustamante, 2018).

Al finalizar la reproducción, los quetzales inician la migración hacia ecosistemas de menor altitud, entre los 1 100 y 1 400 m. Estos desplazamientos pueden comenzar desde finales de mayo o junio abarcando apenas de uno a cinco días y conforme transcurre el tiempo estos desplazamientos abarcan más días hasta que finalmente los quetzales ya no regresan, por lo que se considera que en julio ya está establecida la migración (Solórzano y Oyama, 2002)

### III. ANTECEDENTES

Un primer trabajo corresponde a Vega, Ayala y Hass en (2003), quienes realizaron el siguiente trabajo “Tamaño del rango de hogar, uso del hábitat y reproducción de trepatroncos de pico de marfil (*Xiphorhynchus flavigaster*) en bosque seco del oeste de México” determinando el uso de hábitat, requerimientos del área y la reproducción de la especie, esto lo realizaron en dos temporadas del año, una en temporada de seca y otra en temporada de lluvia. Realizaron un muestreo por puntos de conteo y redes de niebla y anillando cada individuo.

De acuerdo con las observaciones realizadas, encontraron que, la hembra construye el nido, incuba los huevos y cuida y alimenta a los pollos. *X. flavigaster*, forrajea comúnmente solitario, pero algunas veces se une a parvadas mixtas de aves que pasan por su territorio, ocasionalmente siguiendo enjambres de hormigas soldado. Por lo tanto, concluyeron que no hay diferencias significativas al momento de la selección del hábitat esto debido a los hábitos alimenticios que presenta y que no existen muchos competidores, que si lo comparamos con los quetzales es muy posible que si haya una selección de sitios debido ya que la competencia es un poco más amplia, ya que en los nidos pueden ser ocupados por otras especies de aves o pequeños mamíferos por lo que se espera encontrar un tipo de selección.

M. García-Rojas en 2006 realizó un trabajo sobre la Dieta y Hábitat Preferencia del Quetzal Resplandeciente (*Pharomachrus mocinno costaricensis*) en el Bosque de Roble Montano Costarrice, donde evaluó 4 hábitats con altitudes diferentes: bosque nuboso de montaña (BNM), bosque húmedo de montaña inferior (BHMI), bosque húmedo premontano (BHP), y de selva tropical premontano (STP),

para determinar la preferencia de los hábitats realizaron parcelas de 25 m de diámetro cada 250 m, en donde determinaron la presencia de árboles frutales, la fenología de estos árboles, también observaron el dosel de los árboles y el DAP, además de registros de quetzal sobre las parcelas y sobre los hábitats establecidos. De acuerdo a los resultados se encontró que tuvieron preferencia por los BNM en donde encontraron mayor abundancia en los meses de febrero-junio que de acuerdo a la literatura es la temporada de reproducción.

Los hábitats de gran elevación donde *P. mocinno* era más abundante, la comida ofrecida a los quetzales era menor y la diversidad forestal inferior. Los resultados sugieren que la oferta general de frutas, no necesariamente frutas de Lauraceae, explica mejor la abundancia de quetzal, aunque no de manera satisfactoria. Las condiciones estructurales y microclimáticas de los bosques maduros de roble, influenciados por la elevación, se asociaron indirectamente con la preferencia del hábitat del quetzal y son factores clave cuando se trata de explicar la distribución del quetzal y abundancia.

Por otro lado, Siegfried, *et al.*, (2010) en Costa Rica analizaron los sitios de anidación, en el que explican algunos parámetros que toman para describir las estructuras en las que construyen los nidos, altura en la que se encuentra, el diámetro del nido, si hay presencia de árboles frutales cerca de los nidos, entre otras variables. Si bien esta información es muy importante porque nos da a conocer el uso de los sitios de anidación de los quetzales, pero esto no nos dice si la especie tiene algunas preferencias al momento de escoger los sitios de anidación, se sabe que buscan áreas con presencia de recursos alimenticios según Siegfried, *et al.*, (2010). A partir de esto podemos encontrar el uso de los hábitats de los quetzales, sin embargo, aún falta conocer la posible selección que estos puedan tener, estos dos trabajos ya mencionados proporcionan información para poder determinar el uso y selección de hábitat, aunque en México son pocos los estudios de selección y uso de hábitat con quetzales.

Hasta el momento lo más cercano a este tema es el realizado por Solórzano *et al.*, (2000) en donde se enfocaron a conocer la relación de recursos alimenticios con la abundancia de los quetzales, de acuerdo a lo observado encontraron que las

especies migran a lugares en donde haya frutos maduros teniendo relación con las épocas de anidación por lo que se podría deducir que en donde haya presencia de recursos alimenticios estos anidarán; de acuerdo a los resultados obtenidos encontraron diferencias significativas entre la abundancia en relación con los frutos, por lo que la anidación si está ligada a la presencia de recursos alimenticios. Este trabajo se realizó en la Reserva de la Biósfera el Triunfo, por lo que esta información ayudará con confirmar o no lo que Solórzano y colaboradores mencionan.

Cardador y Mañosa en 2011 realizaron el siguiente trabajo: Uso del hábitat de forrajeo y selección de pantano occidental Harriers (*Circus aeruginosus*) en agricultura intensiva paisajes en donde explican los usos que los aguiluchos le da a su hábitat y la selección que estos buscan, se encontró que estos se alejan de los nidos para la búsqueda de alimento, encontraron que la probabilidad de ocurrencia disminuyó con la distancia al nido y aumentó en zonas húmedas y cultivos herbáceos por lo que a lo largo del tiempo seleccionaron distintos tipos de cultivos siempre alejados de los nidos, encontrando que las zonas de los nidos era utilizado para descansar y anidar pero no buscan su alimento en esa zona sino que buscan estas zonas de cultivo para poder buscar el recurso necesario. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados se encontró que, si existe selección de hábitat y nuevamente va de la mano con la alimentación, en cuanto al uso solamente es para descanso y anidación muy alejados de la zona de alimentación.

Por su parte Bustamante en 2012 evaluó relación de la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*) con los movimientos altitudinales del quetzal en el gradiente de elevación del biotopo del quetzal. En este trabajo realizó algo similar a lo que hizo Solórzano en el 2000 en la RB El Triunfo, evaluó la fenología de los árboles de los que se alimenta el quetzal y los comparó con la abundancia de la especie, además que lo hizo a ciertos grados altitudinales. Para realizar esto Bustamante realizó transectos de 1 km de largo por 5 m de ancho y observó la presencia de quetzales y observar los árboles de los que se alimentan. Obtuvo un total de 19 especies nutricias del quetzal y 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, lo cual nos puede ayudar a determinar ciertos usos que quetzales realiza en estos hábitats. 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.

En relación a los niveles altitudinales, se observó que durante la época reproductiva (febrero-julio) las abundancias fueron mayores en el nivel superior. 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. Por lo tanto, nuevamente se observa la abundancia del quetzal en temporada de reproducción con la disponibilidad de alimentos, lo cual es muy importante para determinar el uso y la selección de ciertos sitios para anidar. Bustamante concluyó que la mayor abundancia de frutos está relacionada con la abundancia de quetzales, esto porque posiblemente en esta época se requiere mayor cantidad de energía para realizar dichas actividades.

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 de estos bosques, reduciendo la abundancia y diversidad de alimento para el ave. Por lo que propone 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. Trabajos más recientes explican un poco más sobre la selección de hábitats como el de Gibson *et al.*, (2016) ellos trabajaron con La selección del hábitat de anidación influye en la supervivencia del nido y la descendencia temprana en Gran urogallo, teniendo como objetivo principal el caracterizar los sitios de seleccionados por *Centrocercus urophasianus* tomando como el éxito reproductivo como factor de la selección de los nidos, así como la cobertura vegetal, estos autores caracterizaron los sitios seleccionados para la anidación y compararon con el éxito reproductivo y con la supervivencia de los polluelos, esto se vio influenciado por la cobertura vegetal influyendo en el éxito reproductivo y la supervivencia pudiendo perjudicar la supervivencia y ayudando en

el éxito. Por lo tanto, la selección de los sitios está determinado por estas dos variables, por lo que en el trabajo con quetzales se podrá observar y determinar si estas variables también son utilizadas por los quetzales o tienen otras estrategias de selección.

El estudio más reciente acerca de la selección de hábitat fue elaborado por Ramírez (2017) en su tesis que se basó en determinar la estructura y selección de aves anidantes de taludes en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, dicho trabajo se basó en conocer los sitios de anidación, tomando las características encontradas en un perímetro de 1 metro a la redonda, describiendo el tamaño del nido, la parte en la que se encuentra, la forma del nido y la especie de ave que lo formó. La intención de ese trabajo fue generar información acerca de las características de estos nidos taludes, para buscar estrategias para la conservación de las especies, ya que la mayoría de estas especies se encuentran dentro de una categoría de la nom-059-semarnat-2010, entre estas especies destaca el *Myioborus miniatus*.

## IV. OBJETIVOS

### General

- Determinar el uso y selección de hábitat de quetzales (*Pharomachrus mocinno*) en la reserva de biósfera el Triunfo.

### Particulares

- Recabar información sobre los registros de nidos observados de 2019-2021 un registro de nidos en la zona de estudio.
- Describir las características de 12 variables ambientales de los nidos registrados a nivel espacial con apoyo de imágenes satelitales.
- Comparar características ambientales de los sitios con nidos contra sitios aleatorios donde no haya presencia de nidos dentro del polígono 1.

## V. ZONA DE ESTUDIO

### 5.1 Generalidades

La Reserva de la Biosfera el Triunfo se localiza en la porción central de la Sierra Madre de Chiapas, con coordenadas 15° 09' 15" N y 92° 34' 04", abarcando altitudes desde 500 msnm con laderas de pendientes moderadas hasta 2,750 msnm con crestas alargadas y pendientes escarpadas (Castro, *et al.*, 2003). La Reserva abarca los municipios de Acacoyagua, Pijijiapan, Mapastepec, Ángel Albino Corzo, Villa Corzo, La Concordia, Siltepec, Escuintla y Montecristo de Guerrero, comprendidos en las regiones económicas Frailesca, Sierra, Istmo, Costa y Soconusco del estado de Chiapas (INECOL, 1998; CONANP-FMCN, 2003; Altamirano, 2018).

La RB El Triunfo fue establecida en 1990 y cuenta con una superficie total de 119 177.29 ha, de las cuales 93 458.14 ha conforman zonas de amortiguamiento promovidas a la realización de actividades productivas sustentables y 25 763 ha en

zonas núcleo comprendidas para la investigación de la biodiversidad y a la educación ambiental, dividiéndose en cinco polígonos: I El triunfo, II Ovando, III Quetzal, IV El venado y V Angostura (Ruiz, 2010; Altamirano, 2018) por lo que el presente estudio se llevará a cabo en el polígono 1, este cuenta con una extensión de 11,595 ha (Gómez y Dirzo, 1995).

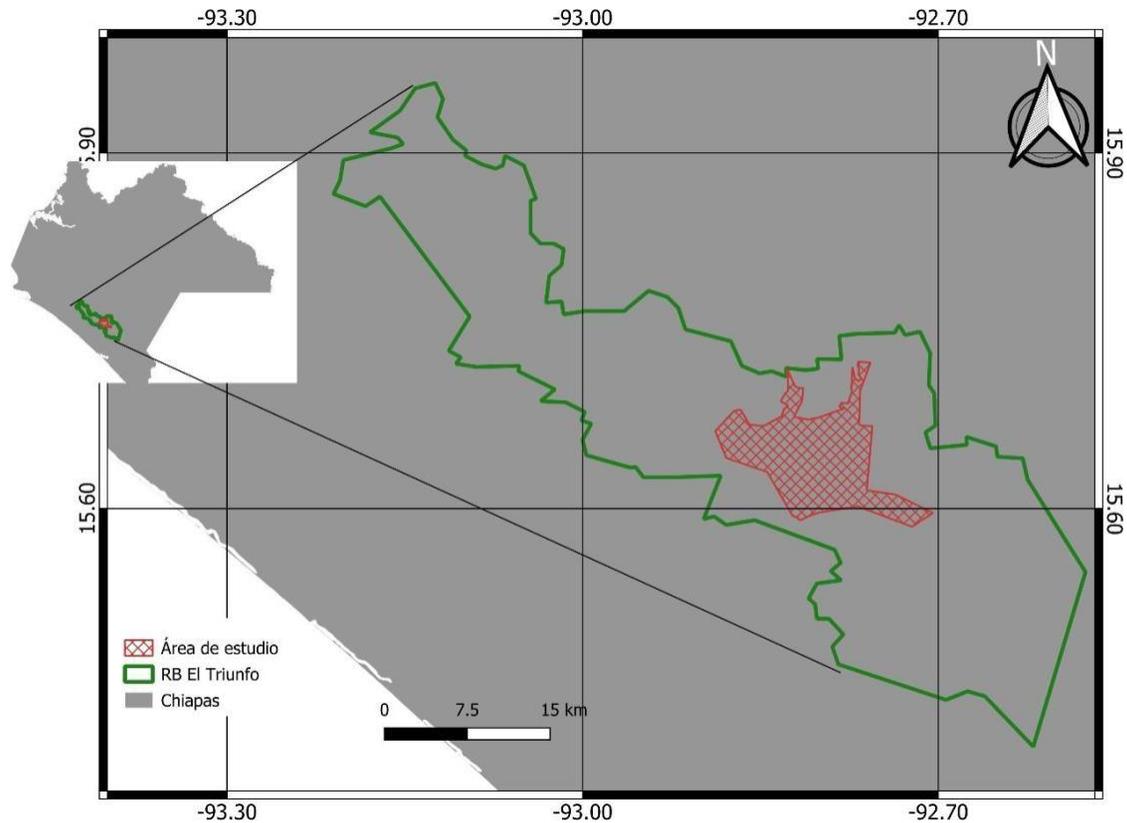


Figura 1. Área de estudio, el polígono verde indica el área de la RB El Triunfo ubicado en el estado de Chiapas. El área en rojo cuadrado indica el polígono I de la zona núcleo, donde se llevó a cabo el estudio.

## 5.2 Características físicas y biológicas

### *Topografía*

La zona de la reserva es parte de la sierra conocida como del Soconusco. Esta región montañosa es alargada y se extiende con dirección noroeste-sureste,

paralela a la costa de Chiapas. El accidentado relieve da lugar a topoformas variadas, como son los valles intermontanos, montañas, etc. Las elevaciones más importantes son el triunfo, la bandera, el venado, el cebú, la angostura y Ovando, con pendientes mayores de 60° y gran cantidad de picos, valles y cañadas. El paisaje es netamente montañoso, con un ámbito altitudinal de 450 a 2,450 m. Los tipos de rocas predominantes son las ígneas intrusivas ácidas del Precámbrico (diorita, granito sirenita y andesita); en menor proporción hay rocas metamórficas, esquistos, gneis, cuarcita y filzita, que datan del precámbrico, así como suelos del Cuaternario (INEGI 1988 citado en Gómez y Dirzo, 1995).

### *Clima*

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1987), se presentan cuatro tipos de clima:

- Cálido subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación anual que varía de 1,000 a 2,500 mm, con temperatura media anual mayor de 22° C y temperatura del mes más frío mayor de 18° C.
- Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y una precipitación anual de 2,500 a 4,000 mm, con una temperatura media mayor de 22° C y temperatura del mes más frío mayor de 18° C.
- Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano y una precipitación anual de 2,000 a 3,000 mm, con una temperatura media anual entre 18° C y 22° C.
- Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, con una precipitación anual de 2,500 a 4,500 mm y una temperatura media anual entre 12° C y 18° C. La temperatura del mes más frío está entre -3° C y 18° C (CONANP-UNESCO, 2003; INEGI, 2020).

### *Hidrografía*

La Reserva de la Biosfera El Triunfo está enclavada en el parteaguas de la Sierra Madre de Chiapas, donde se encuentran las fronteras de dos de las tres regiones hidrográficas del estado: la del Grijalva-Usumacinta (en la vertiente de la Depresión Central) y la de la Costa (en la vertiente del Pacífico, IHN, 1993) debido a las altas precipitaciones alcanzadas en la reserva, numerosos arroyos y ríos descienden a

cotas altitudinales más bajas. La región Grijalva-Usumacinta, una de las más importantes del país, tiene influencia en el complejo hidrológico de la Sierra Madre (INECOL, 1998).

Cuenta con la captación suficiente de agua para abastecer a los poblados de las vertientes de la Sierra Madre de Chiapas, lo cual repercute directamente en la actividad agropecuaria de la llanura costera y de parte del Soconusco (área de mayor productividad del estado, Gómez y Dirzo, 1995).

### *Edafología*

Se han identificado tres tipos de suelo; en la parte norte el regosol y cambisol, al sur litosol y cambisol, a este litosol, cambisol y regosol. Los litosoles son los suelos más comunes porque están asociados a las zonas montañosas de fuertes pendientes (IHN, 1991<sup>a</sup> citado en Gómez y Dirzo, 1995; INEGI, 2020).

### *Vegetación*

El Triunfo presenta una gran diversidad de comunidades vegetales. Las características geográficas permiten la existencia de diferentes ecosistemas propios de los climas tropicales templados y de la transición entre ambos (Gómez y Dirzo, 1995).

Considerando que el área incluye terrenos de relieve muy accidentado, con pendientes que sobrepasan los 60° y un rango altitudinal que va desde los 450 a 2,450 msnm, están representados 10 tipos de vegetación (de acuerdo con la clasificación de Breedlove, 1981 dentro de la reserva (INECOL, 1998).

Entre estos tipos de vegetación según Breedlove se encuentran: Matorral perennifolio de neblina, bosque lluvioso de montaña y bosque perennifolio de neblina, bosque lluvioso de montaña baja, bosque estacional perennifolio, bosque de pino-encino-liquidámbar, bosque de pino-encino, bosque de galería o ripario, selva baja caducifolia, comunidades secundarias arbóreas y arbustivas (INECOL, 1998)

De acuerdo a estos tipos de vegetación el polígono 1 cuenta con: Bosque perennifolia, bosque de niebla, bosque de conífera, bosque de encino, bosque de temporal lluvioso y bosque de pino-encino-liquidámbar (INEGI, 2020).

## *Fauna*

La fauna asociada al bosque mesófilo es uno de los caracteres prominentes de la reserva. En esta reserva se encuentran numerosas especies de aves cuya distribución mundial está limitada a 50,000 km<sup>2</sup> o menos, y que son consideradas endémicas a nivel internacional (Gómez y Dirzo, 1995). Se tiene un registro de más de 587 especies clasificados en 22 especies de anfibios, 63 especies de reptiles, 112 especies de mamíferos y 390 especies de aves (INECOL, 1998). Las más representativas son: pavón (*Oreophasis derbianus*), dragoncillo verde (*Abronia matudai*), nauyaca bicolor (*Bothriechis bicolor*), tångara chiapaneca (*Poecilocstreptus cabanisi*), quetzal (*Pharomachrus mocinno*), jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), tapir (*Tapirella bairdii*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), pajuil (*Penelopina nigra*). Estas especies se encuentran bajo NOM-059-SEMARNAT-2010 (Gómez y Dirzo, 1995).

## **VI. MÉTODO**

El trabajo de campo se llevó a cabo en los meses de julio de 2019, enero de 2020 y de enero a abril del 2021 para la ubicación de los nidos (se realizó en este periodo debido a que por la pandemia del COVID-19 la RB El Triunfo cerró el acceso para visitantes), para ello se contó con el apoyo de los guardaparques que ya tenían previos registros de algunos nidos, por lo que, para la localización de los estos se recorrieron dos senderos diarios de lunes a viernes. Los recorridos iniciaron a las 7 am y se finalizaban a las 12 pm, para posteriormente continuar a las 2 pm y finalizar a las 5 pm. (Anexar foto de nidos)

Una vez ubicados los nidos se tomaron coordenadas con un GPS y referencias para ubicarlos fácilmente, posteriormente se realizó una base de datos en Excel con todas las coordenadas obtenidas para ubicarlas en Google Earth y QGIS.

Se utilizaron 12 variables ambientales que se consideraran están asociadas con los sitios de anidación, las cuales fueron obtenidas de imágenes satelitales de diferentes fuentes:

*Modelo Digital de Elevación:* representación visual y matemática de la altura con respecto al nivel medio de mar, permite caracterizar y analizar las formas del relieve y sus elementos (INEGI, s.d.). Esta variable permitirá visualizar el terreno en el que se registraron los nidos y analizar qué tan importante es para la selección de los sitios de anidación. La información de las capas fue tomada de El Centro De Archivo Activo Distribuido de Procesos (LP DAAC) Terrestres encargado del archivo y distribución de los registros de datos del sistema terrestre de la NASA.

*Densidad de biomasa:* la biomasa es la masa de organismos biológicos vivos presentes en un ecosistema en un momento determinado (Sánchez, 2021). Esta variable ayudará a analizar el estado vegetativo de la zona y las alteraciones a través del tiempo, se espera identificar si puede inferir en la toma de decisiones de los quetzales ya que se ha hablado que los efectos del cambio climático y fragmentación han provocado alteraciones en este tipo de bosques por lo que los datos obtenidos a través de Global Forest Watch (GFW) ayudarán a analizar la biomasa por hectárea presente en la zona, determinando que tan importante es esto para la selección de los sitios.

*Temperatura:* los datos de temperatura de la superficie terrestre son cada vez más necesarios en ecología (Xioma, *et al.*, 2018) por los cambios que se han visto en los últimos años, llegando a afectar el desarrollo vegetal en especial a este tipo de vegetación los cuales son muy susceptibles a los cambios de temperatura, afectando en el ciclo reproductivo de algunas especies. Esta variable ayudará en conocer la temperatura óptima para la anidación de los quetzales, por ello se tomaron imágenes satelitales de MODIS Gap filled Long-term Land Surface Temperature Daily (2003-2020) del catálogo de la comunidad awesome gee.

*Relieve:* forma de los elementos del paisaje natural o físico, muestra las formas del terreno, existen muchos tipos de relieves como montañas, colinas, llanuras, mesetas, entre otras más (Quijano y Bayo, s,d) los tipo de relieve pueden ser indicativos de algunos sitios de anidación, ya que pueden presentar diferentes tipos de vegetación, altitud o pendientes. La información de las capas fue tomada

de El Centro De Archivo Activo Distribuido de Procesos (LP DAAC) Terrestres encargado del archivo y distribución de los registros de datos del sistema terrestre de la NASA.

*Pendiente:* el sitio y forma del terreno puede ser importante para la selección de sitio para anidar, esto porque hay sitios en donde presenta menos entrada de sol o de viento. Por ello esta variable ayudará en determinar los sitios viendo si son planos o presentan alguna elevación topográfica. A través de los pixeles se podrá distinguir el tipo de terreno que tenemos en los sitios de anidación, se espera encontrar sitios con pendientes pronunciadas (NASA JPL, 2020).

*Orientación:* el sitio de anidación determinará el microambiente en el que estarán expuestos los huevos, polluelos y adultos durante la incubación y crecimiento del ave, para esto es importante conocer la orientación del sitio, esto puede estar relacionado con la dirección y fuerza del viento, la radiación del sol (Mezquida 2004). La orientación puede ser un factor importante para el éxito reproductivo, por ello a través de imágenes satelitales obtenidas de LP DAAC del sistema terrestre de la NASA se observará si existe algún patrón para la selección del hábitat.

*Viento:* a través del Atlas mundial del viento se tomarán datos para observar la velocidad y densidad del viento para así analizar qué tan importante son estas dos variables para el ciclo reproductivo de esta especie. La modelación de esta se compone de un cálculo de los climas de viento locales por cada 250 m. Las variables fueron tomadas de la colección de Google Engine; la velocidad del viento es la media de una serie de registros a lo largo de 10 años. La densidad del viento se obtuvo interpolando la densidad de aire del análisis CFRS a la elevación utilizada en el atlas del viento global (Samapriya, 2021). Con esto se puede analizar si los sitios de anidación registrados se encuentran en zonas con fuertes o bajas corrientes de viento.

*Cobertura vegetal:* los bosques a lo largo del tiempo han sufrido cambios esto

por la acelerada fragmentación provocando disminución en la cobertura vegetal, (Hansen *et al*, 2013) el bosque mesófilo de montaña es una de los bosques más susceptible a estos cambios, por lo que se considerará esta variable para determinar si es importante al momento de escoger los sitios de anidación, ya que esta proporciona protección adicional a los nidos además que puede influir en la orientación de estos (Schaaf, 2020). La información de las capas espaciales fue tomada del estudio de Hansen *et al* en 2013 sobre “Mapas globales de alta resolución sobre los cambios en la cobertura forestal en el siglo XXI”, en este estudio se tomaron imágenes satelitales de Landsat en una resolución de 30 m para caracterizar la pérdida y ganancia de bosque a lo largo de 12 años.

*Altura de vegetación:* a través de un mapa de altura forestal se podrá observar el tamaño del bosque en relación a los sitios de anidación, para ello se tomaron datos de Global Land Analysis & Discovery tomando la altura del dosel forestal mundial en 2019, esta información se desarrolló a través del GEDI de la NASA y el análisis en Landsat. Las métricas obtenidas en Landsat que representan la fenología de la superficie sirven como variables independientes para el modelado mundial de la altura de bosques (Potapov *et al*, 2020). Con esto se podrá determinar si los sitios de anidación se encuentran en zonas con cierta altura en la vegetación.

*NDVI:* el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada se basa en la relación entre la cantidad de luz reflejada por los rasgos en la superficie, este refleja la actividad fotosintética en coloraciones rojas e infrarrojas indicando el estado de salud de la vegetación, entre más intenso es la coloración infrarroja mayor actividad fotosintética, indicando sitios con mayor cobertura forestal, biomasa, fenología y el estado en el que se encuentra la vegetación (INEGI, 2022). Esto ayudará a observar el estado en el que se encuentran los sitios de anidación, esperando tener mayor reflectancia sobre los sitios.

Para la selección de hábitat se tomarán puntos aleatorios en donde no haya presencia de nidos, para ello se utilizó el programa QGIS, colocando un buffer de 50 m de radio para evitar que los puntos aleatorios coincidieran con los nidos

registrados.

Una vez obtenidas los datos correspondientes se realizará una base de datos en donde se colocarán los datos de los sitios de cada nido y en otra base de datos los datos de los sitios sin nidos. Para determinar si existe selección de hábitat se llevó a cabo un Análisis de Correspondencia sin Tendencia (DCA). El DCA nos permitirá identificar si y como las variables forman patrones de agrupación con base a las variables (Merino y Díaz, 2002).

## **VII. RESULTADOS**

Se registró un total de 16 nidos en los recorridos realizados entre 2019 y 2021, la mayoría de estos no volvieron hacer ocupados en esos años, sin embargo, se tenía el registro que fueron activos anteriormente.

Los registros fueron analizados en el programa QGIS (QGIS, 2024) para observar la distribución de los nidos a lo largo de la extensión del polígono I y sobre esto se analizaron variables que se creían eran importantes para la selección del hábitat para estos individuos.

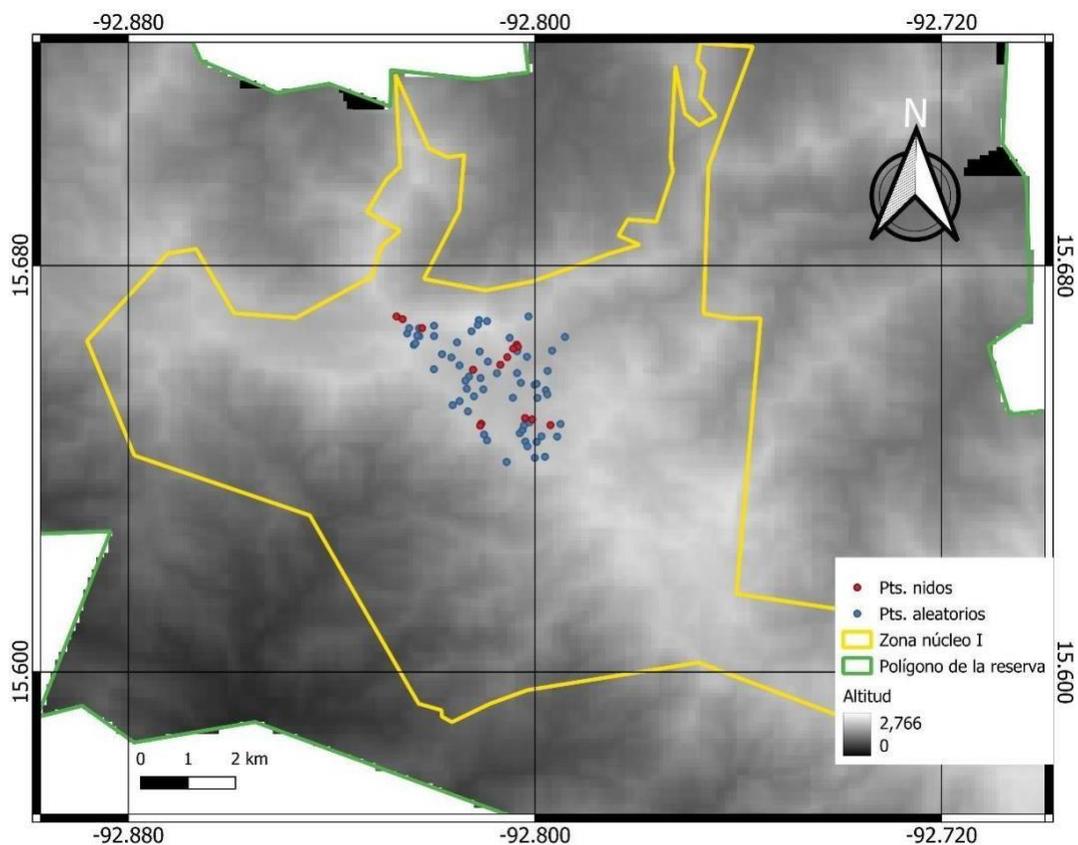


Figura 2. Mapa con registro de los sitios de anidación en color rojo, mientras que los puntos en color azul representan los puntos aleatorios. La capa de fondo es un sombreado del Modelo Digital de Elevación (MDE) del polígono I de la zona núcleo de la RB El Triunfo representado con una línea amarilla.

Para el análisis los datos se utilizó el programa Past (Hammer, 2001) realizando un Análisis de Correspondencia sin Tendencia (DCA), con el que se determinó si existe o no selección de hábitat para esta especie. Para ello se tomaron los datos de los 16 nidos registrados y se generaron 60 puntos aleatorios para comparar y determinar si existe o no una selección de hábitat a nivel espacial. Con base en el análisis no se encontraron diferencias entre los nidos y puntos aleatorios, determinando que no existe una selección de anidación para esta especie a esta escala.

Si bien en este análisis se observa una dispersión entre las variables, los nidos y los puntos aleatorios, no se observa un patrón en donde se pueda afirmar que tiene preferencia por alguna de las variables consideradas, lo que hace pensar

que el polígono I de la RB El Triunfo se encuentra con buenas condiciones para la anidación de esta especie.

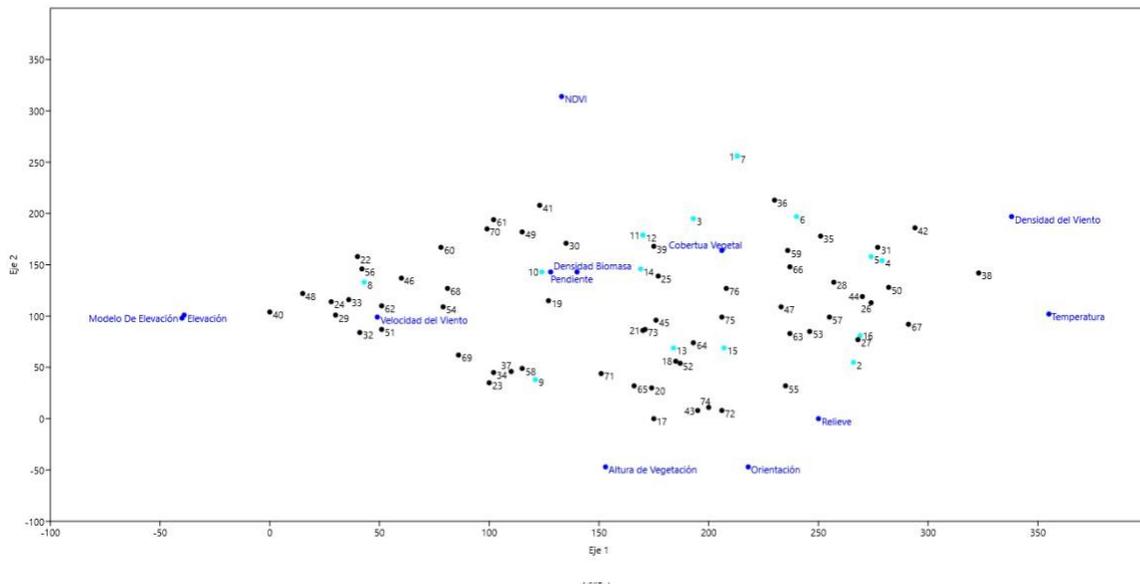


Figura 3. Análisis de Correspondencia sin Tendencia. Puntos celestes representan los nidos y los puntos negros representan los puntos aleatorios, en este análisis se analizaron 12 variables: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Pendiente (P), Elevación (E), Densidad del Viento (DV), Temperatura (T), Velocidad del Viento (VV), Orientación (O), Relieve (R), Modelo Digital de Elevación (MDE), Altura de Vegetación (AV), Cobertura Vegetal (CV) y Densidad de Biomasa (DB).

En el eje 1 encontramos que las variables más representativas son el viento, la temperatura y el relieve, mientras que en el eje 2 encontramos únicamente al NDVI. Ambas columnas corresponden al 75% del valor total de las variables por lo que estas que fueron las más representativas pueden ser las más importantes para la selección de anidación, sin embargo, de acuerdo al análisis ninguna variable fue significativa por lo que en futuros estudios se puedan tomar estas variables de forma más detallada y a otro tipo de escala para demostrar si estas variables son las que pueden inferir en la reproducción de la especie.

En los registros de los nidos en campo se tomaron algunas variables de estos como altura de la cavidad, así como la altura del tronco en el que se realizó, la

especie y DAP de los troncos utilizados. En base a los registrado se tiene que las cavidades son realizadas a alturas promedio de 5 m teniendo la altura más baja de 4 m y la más alta de 7.5 m, las medidas de las cavidades no se tomaron ya que era complicado tomar las medidas y para evitar perturbar al tronco; las alturas de los troncos utilizados para anidar tuvieron un promedio de 6.2 m, las medidas se tomaron al tanteo para evitar perturbar los nidos; el DAP promedio de los troncos utilizados para anidar fue de 24.5 cm, encontrándolos en un rango de los 20 a los 38 cm.

Las especies identificadas para la anidación son las siguientes: corcho (*Heliocarpus donell-smithii*), el cual se piensa que es por la blandeza del árbol, además también se identificaron árboles de encinos (*Quercus sp.*) y montón (*Matudaeae trinervia*), los cuales no son blandos, sin embargo, el estado de descomposición y el que permanezcan en pie por más tiempo puede ayudar a que sean óptimos para realizar las cavidades. La identificación de estos árboles fue gracias a los guardaparques quienes tienen experiencia en la observación de nidos, así como la fortuna de observar cómo realizan las cavidades.

Se notó que en la mayoría de los nidos se encontraban cuerpos de agua cerca, algunos se encontraban sobre arroyos y otro más sobre cañadas, también se observaron que en los alrededores de los nidos se encontraban árboles utilizados para su dieta como la muñeco (*Hedyosmum mexicanus*), mora (*Morus insignes*), aguacatillos (*Nectandra spp*), tepeaguacates (*Ocotea spp.*), moquillo (*Saurauia spp*) por mencionar algunas especies, así como otras especies de plantas que no son para su dieta como palmas del género *Chamaedorea*, helechos arborescentes y sotobosque lleno de hierbas y arbustos, con poca entrada de luz y una cobertura vegetal densa.

En base a los nidos encontrados se estimó que en el polígono I de la RB El Triunfo se encuentran un aproximado de 207 nidos, encontrando 1 nido por cada 55.8 hectáreas, estos datos son representativos del área de estudio la cual tiene una extensión de 11 579 ha, siendo el polígono con mayor extensión y con mejores condiciones de conservación.

Los resultados encontrados no fueron los esperados, sin embargo, los resultados arrojados cosas positivas, asumiendo que el área se encuentra en óptimas condiciones para que estos individuos puedan anidar en cualquier sitio. Para tener un resultado más preciso pueden tomarse variables a una escala de microhábitat, en donde se puedan tomar variables muy específicas del sitio de anidación.

## VIII. DISCUSIÓN

El análisis muestra que no existe una selección específica para los sitios de anidación en el quetzal; el estudio fue realizado a través de imágenes satelitales teniendo variables generales del sitio esperado que esto nos diera un resultado positivo para la selección de hábitat, sin embargo, esto no fue así indicándonos que toda el área del polígono I de la RB El Triunfo es apta para que esta especie pueda anidar, pueden existir factores muy específicos para la preferencia de los sitios, por ejemplo, en las observaciones en campo para el registro de nidos se observó que estos utilizan árboles en un estado de descomposición alto para poder realizar la cavidad, ya que no poseen con la suficiente fuerza y protección para picotear el tronco, autores como Skuch (1944), Siegfried et. al. (2010), SEMARNAT (2018), por mencionar.

Algunos autores mencionan que los quetzales utilizan y modifican cavidades de otras especies como los de pájaros carpinteros, sin embargo, se encontraron diferencias, por observaciones y experiencias propias y de los mismos guardaparques las poblaciones presentes en esta Reserva realizan sus propias cavidades, tomando principalmente árboles de corcho (*Heliocarpus donell-smithii*) encinos (*Quercus sp.*) y montón (*Matudae trinervia*), esto mismo es afirmado por la Dra. Sofía Solórzano quien menciona que las cavidades para los nidos de esta especie son elaborados por la misma pareja turnándose para realizar la cavidad, tomando troncos muertos en pie, ramas muerta de árboles vivos u oquedades naturales (Solórzano, 2010).

Se tiene registro de tres especies principales de árboles que son utilizados por los quetzales para anidar, por ello, es importante conocer la densidad y distribución

espacial de estas especies, para determinar si estos se encuentran agrupados o dispersos por todo el bosque.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
CARRETO	<i>Prunus salasii</i>	ROSACEAE
CEDRO	<i>Cedrela odorata</i>	MELIACEAE
CHICHARRO	<i>Quercus skinneri</i>	FAGACEAE
CIPRÉS DE VERAPAZ	<i>Juniperus flaccida</i>	CUPRESSACEAE
ENCINO	<i>Lonchocarpus sp.</i>	FABACEAE
OJUSHTE DE MONTAÑA	<i>Brosimum costaricanum</i>	MORACEAE*
PINO CANDELILLO	<i>Pinus maximinoi</i>	PINACEAE
PINO DE OCOTE	<i>P. tenuifolia</i>	PINACEAE
PINO DE LAS SIERRAS	<i>P. tecunumanii</i>	PINACEAE

Tabla 1. elaborada por Claudia Burgos de las especies utilizadas para la nidación de los quetzales, basada en datos de las investigaciones y de las observaciones en diferentes períodos de tiempo comprendidos entre los años 1969 a 2006, por investigadores en las regiones de Guatemala. Investigaciones realizadas por: Profesor Francisco Guzmán, Bióloga Marie-Claire Paiz, en Verapaces, Dra. Anne LaBastille y Bióloga Claudia Burgos en la región de Atitlán (INGUAT, 2009).

Si bien los quetzales no son la única especie que anida sobre cavidades, también lo hacen otras aves como el tucancillo verde (*Aulacorhynchus prasinus*), carpintero bellotero (*Melanerpes formicivorus*) o trogones, por lo que la competencia para ocupar los tocones es un factor para el éxito reproductivo, aunque esto no suele ser muy común, ya que estas especies anidan en alturas más bajas de los troncos, hasta el momento no se tiene registro en donde esta especie comparta el tronco para anidar.

Las cavidades de los nidos se han observado a altura de entre 3 a 9 m de altura y en ocasiones pueden estar de los 11 a los 15 m altura (Solórzano, 2010; Siegfried *et al.*, 2010) para las poblaciones de Costa Rica se tiene un promedio de 8.8 m y para Guatemala 9.5 m. Las observaciones en campo de las alturas de los nidos coinciden con las de Solórzano, en donde registraron altura de entre los 4 a los 7.5 m de altura para las cavidades, Bustamante (2020) cita a Bowes y Allen (1969) mencionando que las cavidades miden 10 cm en la entrada con un profundidad de 30 cm, esto no se pudo corroborar en campo, ya que la alteración

en los troncos de anidación puede ser perjudicial y esto se debe a que esta especie es muy sensible a las alteraciones del entorno en esta etapa. Si esto llegara a ocurrir la pareja puede abandonar la cavidad y si no encuentran otro sitio para hacerlo es probable o casi seguro que no aniden en esa temporada (Solórzano, 2010), por ello es importante y entre los meses de enero a marzo se evite el turismo y se mantenga constante monitoreo por la zona para detectar cualquier situación que pueda ser perjudicial para la anidación, ya que estos vuelven a utilizar el nido para varios eventos reproductivos (Skutch, 1969), esto si el tronco continúa de pie o no se ha sido ocupado por otra especie.

Los depredadores son de las principales causas por la que el éxito reproductivo es bajo para la especie, ya que son bastante vulnerables al ataque de algún depredador entre ellos destacan la tucaneta verde (*A. prasinus*), ardillas (*Sciurus deppei*), cacomixtles (*Bassarischus sumichrasti*), tejones (*Nasua narica*), por mencionar algunos. La defensa del nido casi siempre es fallida ya que los quetzales también tratan de ponerse a salvo, por lo que la etapa de huevos se pierde en un 80% debido a las depredaciones (Solórzano, 2010).

La falta de troncos en estado de descomposición también ha afectado la reproducción de esta especie, ya que, aunque las condiciones del lugar sean óptimas sino se tiene un tocón será complicado elaborar el nido, ya que esta especie requiere troncos en estado de descomposición para elaborarlos. Algunas de las causas de esto son los fuertes viento que llegan azotar la zona esto por la fragmentación en partes bajas de esto bosques para el aprovechamiento forestal provocando que exista una barrera que puedan regularlos además de los efectos del cambio climático el cual ha provocado cambios en las estaciones del año, esto provoca la caída de árboles y estos al ser muy débiles tienden a caer con facilidad, a esto también se le suma la competencia de otras especies para ocupar estos espacios el estado de descomposición en el que se encuentren.

Los resultados arrojan que el polígono I de la RB El Triunfo es apto para la anidación y aparentemente el número de individuos reproductivos es alto (una pareja por hectárea, de acuerdo a estimaciones) la limitante son los sitios de

anidación, por lo tanto, una forma de solucionar esto es colocando nidos artificiales (Espinoza de los Monteros, 2001), esto ha sido realizado en San José Pie de la Cuesta, Guatemala teniendo resultados favorables. Los nidos artificiales consisten en colocar troncos de algún árbol suave y poroso en sitios estratégicos para que el quetzal pueda aprovecharlo, esto se realiza en temporada no reproductiva, este trabajo no se ha realizado en la Reserva por lo que podría esperar que se tengan buenos resultados.

Esta especie puede ocupar el nido por dos o tres veces consecutivas, siempre y cuando este no haya sido alterado u ocupado por otra especie. En el periodo de registro de nido se observó un nido que se elaboró y ocupó por tres años consecutivos, sin embargo en este 2024 no se tuvo la misma suerte ya que el tronco fue derribado por vientos fuertes, por lo que esta pareja tuvo que realizar nuevamente el nido, este no fue encontrado, sin embargo, en base a las observaciones de Solórzano cuando esto ocurre la pareja construye nuevamente cerca del sitio de donde se encontraban, por lo que esta pareja no está muy lejos y se espera que haya vuelto a anidar.

Si bien la selección del hábitat no se da por las variables ambientales consideradas, sin embargo, en diversos estudios se ha observado la relación entre la especie y los árboles con frutos en la temporada de reproducción, mas no en el número de árboles presentes (Solórzano *et al*, 2000 y Bustamante 2018), esto se observó en la ubicación de los nidos, a pesar de tener muchos árboles de los que se alimentan estos no anidaban ahí o anidaron en un periodo pero en el siguiente no, y es que en algunos casos se observaron árboles con pocos o nada de frutos.

De acuerdo al estudio se encontró con un nido por cada 55.8 ha coincidiendo con el estudio de telemetría realizado por Solórzano, mencionando que el hábitat hogareño de esta especie es de 0.5 km<sup>2</sup> en donde los quetzales resuelven todas sus necesidades tanto de reproducción como de supervivencia (Solórzano, 2010), por lo tanto, los sitios de anidación se verán influenciados por la disposición de fuentes de alimentos en este rango de superficie, así como la presencia de un tocón en donde puedan realizar el nido. La disposición de frutos puede estar relacionada con la reproducción y a su vez con los sitios de anidación debido a que en esta

temporada la actividad realizada por estos individuos requiere mayor desgaste de energía, ya que realizan la búsqueda de pareja, realizan el nido y empollan, alimentan y cuidan a las crías, por ello se cree que esto puede estar relacionado (Bustamante 2012).

## **IX. CONCLUSIÓN**

El área estudiada muestra que se encuentra en buenas condiciones para que los quetzales puedan reproducirse, no se encontraron preferencias específicas que demuestren ciertos sitios, sin embargo, lo presentado no representa toda la extensión de la RB El Triunfo, por lo que este estudio puede replicarse en otras zonas las cuales no presentan las mismas condiciones que este polígono, por lo que los resultados pueden variar. En estudios posteriores pueden tomarse variables más específicas a un nivel de microhábitat tomando en cuenta la etología de la especie en la temporada de reproducción para conocer características específicas de los sitios que utilizan.

Se requiere mantener un monitoreo constante de los sitios de anidación que utilizan, observar posibles causas del porque ya no utilizan nuevamente o viceversa, así mismo conocer la densidad y distribución de las especies encontradas para la anidación.

Los sitios de anidación son una limitante para el éxito reproductivo por la competencia con otras especies para ocupar las cavidades, las condiciones ambientales y la depredación pueden ser unas de las limitantes.

Evitar el turismo excesivo en temporada reproductiva, especialmente si ya se tienen identificados los sitios de anidación.

Los esfuerzos de conservación en esta Reserva a través de los monitoreos y divulgación de la especie han ayudado a mantener a esta especie, sin embargo, las condiciones climáticas en la zona no pueden ser controladas por lo que los fuertes viento pueden tirar gran parte de los tocones que pudieran ser utilizados como nidos para esta especie, por lo que se podría implementar el uso de nidos artificiales a partir de los árboles identificados en estado de descomposición, colocándolos en

sitios específicos y mantener el monitoreo de estos. Esto puede ser implementado en otros sitios de las Reserva en donde las condiciones no sean tan favorables para la reproducción de esta especie, trabajando en conjunto con los grupos aliados para la conservación en las comunidades.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano González-Ortega, M. A., A. Reichers-Pérez y R. Luna-Reyes. 2009. Estrategia de Conservación del Quetzal Mesoamericano (*Pharomachrus mocinno mocinno*) y su Hábitat en la Reserva de la Biósfera El Triunfo y su zona de influencia. Instituto de Historia Natural-COCyTECH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Altamirano-González Ortega, M.A., Reichers-Pérez, A., González-García, M. J. 2018. Reserva de la biosfera El Triunfo: pionera en el manejo para la conservación y el desarrollo ecorregional de la Sierra Madre de Chiapas. CONABIO. *Biodiversitas*, 141:11-16
- Ávila-Hernández, M. L. y Hernández, O. V. 1990. Biología y distribución del Quetzal (*Pharomachrus mocinno*). En el estado de Chiapas, México. *Revista de difusión Científica, Tecnológica y Humanista*. 1 (1):59-61.
- Ávila, M.L., V.H. Obregón y E. Velarde., 1996. The diet of Resplendent Quetzal Mesoamericano *Pharomachrus mocinno* (Trogonidae) in a Mexican cloud forest. *Biotropica* 28:720-727.
- Ayuso-Oliva, A.M. 2005. Uso del hábitat en quirópteros en un área alterada por la construcción de la línea de tren de alta velocidad en el sur de la península ibérica. Tesis doctoral. Departamento de Biología animal y Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. ISBN: 84-338-3733-8
- Batzli, G.O. y Lesieutre, C. 1991. The influence of high-quality food on habitat uses by arctic microtine rodents. *Oikos*, 60: 299-306.
- BirdLife International. 2016. *Pharomachrus mocinno*. La Lista Roja de especies amenazadas de la UICN 2016: e.T22682727A92958465. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>

- Blanco, D. 1999. Los Humedales como Hábitat de aves acuáticas. Boletín UNESCO, Uruguay. 208-217.
- Block, W.M. y L.A. Brennan. 1993. The habitat concept in ornithology: Theory and applications. Pp. 35–91. En: Power, D.M. (ed). Current Ornithology, 11, Plenum Press, New York.
- Braun, S. 1985. Home range and activity patterns of the giant kangaroo rat, *Dipodomys ingens*. Journal of Mammalogy. 66: 1-12.
- Brower, J. E. y Zar J. H. 1990. Field and Laboratory Methods for General Ecology. WCB Publishers, Dubuque.
- Bustamante, C. M. 2012. Relación de la disponibilidad de frutos de las plantas nutricias del Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*) con los movimientos altitudinales del Quetzal en el gradiente de elevación del biotopo del Quetzal. Facultad de ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. San Carlos, Guatemala.
- Bustamante, C. M., Sanabria, C. G. y Bosarreyes, L. B., 2018. Distribución, estado de conservación y áreas prioritarias de conservación del Quetzal en Guatemala: elaboración de estrategias para su conservación a nivel nacional. Tesis de maestría. Centro Universitario de Zacapa. Universidad de san Carlos de Guatemala. San Carlos, Guatemala.
- Cardador, L. y Mañosa, S. 2011. Foraging habitat use and selection of western marshharriers (*Circus aeruginosus*) in intensive agricultural landscapes. Journal of Raptor Research. 45(2):168–173. URL: <https://doi.org/10.3356/JRR-10-64.1>
- Carbajal-Márquez, R.A. 2013. Uso de hábitat de *Crotalus enyo* (serpientes: Viperidae) en la región Cabo, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. La paz, Baja California sur.
- Castro-Hernández J., Hernández-Jonapá R., Náñez-Jiménez S. Rodríguez-Alcazar S., Tejeda-Cruz C, Vázquez-Vázquez A., Kim-Batchelder, Maldonado-Fonseca A. 2003. Conservación con base a la comunidad. Trabajos con comunidades en áreas naturales protegidas de Chiapas, México. IHN, CONANP y The Nature Conservancy. Chiapas, México.

- Cody, M. L. 1985. Habitat selection in birds. Department of biology. University of at California. Ed. Academic Press, Los Ángeles California. Pp. 4-29
- CONANP-FMCN. 2003. Estimación de la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biósfera “El Triunfo”.
- CONANP-UNESCO. 2003. Revisión periódica de la reserva de la biosfera el triunfo, Chiapas, México.
- Corbalán, M. I. 2004. Uso de hábitat y ecología poblacional de pequeños mamíferos del desierto del Monte Central, Mendoza, Argentina. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad nacional de la plata, Argentina.
- Corriale, M. J. 2010. Uso y selección de hábitat del carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) a distintas escalas espacio-temporales en los Esteros del Iberá, Corrientes, Argentina. Tesis de doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Dayer, A.A. 2010. Resplendent Quetzal (*Pharomachrus mocinno*), versión 1.0. En Neotropical Birds Online (TS Schulenberg, Editor). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/nb.resque>
- Del Hoyo, J., Elliott, A.; Sargatal, J. 2001. Manual de las Aves del Mundo, vol. 6: Mousebirds a Hornbills. Lynx Edicions, Barcelona, España.
- Espinosa M.S., 2001. Sistemática molecular de Trogoniformes (Aves): Filogenia del orden y análisis de variabilidad genética de Quetzales en la reserva de la Biosfera El Triunfo. Instituto de Ecología AC. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. R174. México D. F.
- Franklin, A.B., Noon, B. R. y George, T. L. 2002. What is habitat fragmentation? *Studies in Avian Biology*. 25: 20-29.
- Ferrer S.Y. 2015. Variables que influyen en la distribución y abundancia de rapaces diurnas y en la ubicación de sitios de anidación en Cuba. Tesis de doctorado. Centro de investigaciones Biológicas del noreste, S.C. La paz, Baja california Sur.
- Gallina–Tessaro, S. y López–González. C. 2012. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Capítulo 13. El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre instituto de Ecología, A.C., Universidad

Autónoma de Querétaro, INE–SEMARANT. México, D.F. 285-310 pp.

- García-Rojas M. 2006. Dieta y Hábitat Preferencia del Quetzal Resplandeciente (*Pharomachrus mocinno costaricensis*) en el Bosque de Roble Montano Costarricense. M. Kappelle (Ed.) Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests. Ecological Studies, Vol. 185.
- Gibson, D., Blomberg, E. J., Atamian, N. T. y Sedingler, J.S. 2016. Nesting habitat selection influences nest and early offspring survival in Greater Sage-Grouse. *The Condor Ornithological Applications*. Volumen 118 DOI: 10.1650/CONDOR-16-62.1
- Greene, H.G., Yoklavich, M.M., Starr, R.M., O'Connell, V.M., Wakefield, W.W., Sullivan, J.E., McRea, J.E. y Gailliet, G.M. 1999. A classification scheme for deep seafloor habitats. *Oceanologica Acta* 22: 663–678.
- Gómez-Pompa, A. y Dirzo, R. 1995. Reservas de la Biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (Edición digital: CONABIO 2006).
- Guisan A. y Thuiller W. 2005. Predicting species distributions: offering more than simple habitat models. *Ecological letters*. 8 (9): 993-1009.
- Hall, L. S., Krausman P. R. y Morrison M. L. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*. 25:173-182.
- Hammer, Ø., Harper, D.A., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hansen M.C., Potapov P V., Moore R., Hancher M., Turubanova S A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S V., Goetz S J., Loveland T R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C O. y Townshend. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342, 850. DOI:10.1126/science.1244693
- Howell, S. N. y Webb, S. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. New York. 851p.
- Huggett, R.J. 1998. Fundamentals of biogeography. 2da edición. Routledge London.

<https://doi.org/10.4324/9780203356586>

- Instituto de Historia Natural. 1993. Plan Operativo 1993 para la Reserva de la Biosfera El Triunfo. Documento interno, Gobierno del Estado de Chiapas, Instituto de Historia Natural, Departamento de Áreas Naturales. 92 pp.
- INECOL. 1998. Programa de manejo de la Reserva de la Biósfera el Triunfo. Instituto Nacional de Ecología. México.
- INEGI. 2020. Guías de interpretación de cartografía. Climatología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Chiapas, México.
- INEGI. 2020. Guía de interpretación edafológica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Chiapas, México.
- INEGI. s, d. Modelos Digitales de Elevación (MDE) – Descripción.
- INEGI. 2022. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI, Landsat, 1984-2021. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Chiapas, México.
- INGUAT. 2009. Historia natural del Quetzal: anidación. Instituto Guatemalteco de Turismo. Recuperado de <https://birdwatching.com.gt/observacion%20del%20quetzal/anidacion.html>
- Jardel-Peláez, E. J. 2015. Guía para la caracterización y clasificación de los hábitats forestales. Comisión Nacional Forestal. 1ra edición. México.
- Johnsgard, PA. 2000. Trogones y Quetzales del mundo. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Jones J. 2001. Habitat Selection Studies in Avian Ecology: A Critical Review. *The Auk* 118(2):557-562.
- Juárez C. y González A. 2010. Quetzales la pareja solidaria. Infografía. UNAM. Recuperado de: [http://www.unamiradaalaciencia.unam.mx/download/pdf\\_prensa/unamirada\\_255.pdf](http://www.unamiradaalaciencia.unam.mx/download/pdf_prensa/unamirada_255.pdf)
- Krausman, P. 1999. Some basic principles of habitat use. Pp 85–90. En: Launchbaugh, K.L., K.D. Sanders y J.C. Mosley (eds). *Grazing behavior of livestock and wildlife*. Idaho Forest, Wildlife and Range Experimental Station Bulletin 70, University of Idaho, Moscow, Idaho.
- Lacorezt, V.M. 2009. Selección de hábitat por *Synallaxis albescens* en el desierto

del Monte: Un análisis a dos escalas espaciales. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias exactas y naturales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

- Latif, O., Heath, S. K., y Rotenberry, J. T. 2012. How avian nest site selection responds to predation risk: testing an adaptive hypothesis. *Journal of Animal Ecology*. 81: 127-138.
- Lindenmeyer, D.B. & J.F. Franklin, 2002. Conserving Forest biodiversity. Island Press, Washington DC, E.U.A.
- Litvaitis, J.A.; Tittus, K. y Anderson, E.M. 1994. Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. Bookhout, Th.A. Ed. Bethesda, Maryland. 254-274.
- Lubin, Y., Ellner, S. y Kotzman, M. 1993. Web relocation and habitat selection in a desert widow spider. *Ecology*. 74: 2456-2459.
- Loiselle, B.A., Blake, J.G., Moermond, T.C. y Mason, DJ. 1989. Registro de baja elevación para el Quetzal Resplandeciente en Costa Rica. *Journal of Field Ornithology*. 60: 86-88.
- Lloyd, J. D., Martín, T. E. 2004. Nest site preference and maternal effects on offspring growth. *Behavioral ecology* 15: 816-823.
- Manly, B., McDonald, L. y Thomas, D. 2002. Resource Selection by Animals, Statistical Design and Analysis for Field Studies. Segunda edición. Chapman & Hall. London. DOI: 10.1007/0-306-48151-0.
- Medina T., Márques O. y García M. 2007. Uso y selección de embalses por el pato mexicano (*Anas diazi*) en la región del llano, Aguascalientes-Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.) 23(2): 163-181.
- Mezquida, Eduardo T. (2004) "Patrones De Orientación De Los Nidos De Passeriformes En Una Zona Árida Del Centro-oeste De Argentina," *Ornitología Neotropical*: Vol. 15: Iss. 2, Article 1. Available at: [https://digitalcommons.usf.edu/ornitologia\\_neotropical/vol15/iss2/1](https://digitalcommons.usf.edu/ornitologia_neotropical/vol15/iss2/1)
- Montenegro, J. y Acosta, A. 2008. Programa innovador para evaluar uso y preferencia de hábitat. *Universitas Scientiarum*, vol. 13, núm. 2, pp. 208-217. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49913211>

- Monteverde, M.J. 2013. Selección de hábitat denso-dependiente y riesgo de exposición al Hantavirus “Andes”: un estudio experimental con un ensamble de roedores en Patagonia norte, Argentina. Tesis de doctorado. Área de ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Morrison, M. L., Marcot, B.G. y Mannam, R.W. 1998. Wildlife-habitat relationships: concepts and applications: University of Wisconsin Press. Madison. 473 p.
- NASA JPL, 2020. NASADEM *Slope and Curvature Global 1 arcsencond v001* [conjunto de datos]. Centro de Archivo Activo Distribuido de procesos Terrestres de la NASA ECODIS. Consultados el 17 de julio de 2024 en [http://doi.org/10.5067/MEaSURES/NASADEM/NASADEM\\_SC.001](http://doi.org/10.5067/MEaSURES/NASADEM/NASADEM_SC.001)
- Naturalista, CONABIO. [https://www.naturalista.mx/taxa/20856-Pharomachrus mocinno](https://www.naturalista.mx/taxa/20856-Pharomachrus_mocinno). Acceso: 12 de abril 2020.
- Newton, I. 2004. The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. *Ibis*. 146:579–600.
- Norris, K. 2004. Managing threatened species: the ecological toolbox, evolutionary theory and declining-populations paradigm. *Journal of applied Ecology*. 41(3): 413-426.
- Potapov, X. L., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Hansen, M. C., Kommareddy, A., Pickens, A., Turubanova, S., Tang, H., Silva, C.E., Armston, J., Dubayah, R., Blair, J. B. y Hofton, M. 2020. Mapeo y monitoreo de la altura del dosel forestal global mediante la integración de datos GEDI y Landsat. *Teledetección del medio ambiente*, 112165. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112165>
- Pardo Merino, A y. Ruíz Díaz, M.A., 2002. SPSS 11. Guía para el análisis de datos. 1ª edición. McGraw-Hill. Madrid, España. 736 pp.
- Peek, J. M. 1986. A review of Wildlife Management. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 486 p.
- Powell, G.V.N. & Bjork, R. (1995). Implications of intratropical migration on reserve design - a case-study using *Pharomachrus mocinno*. *Conservation Biology*. 9: 354-362.

- QGIS Development Team (2024). QGIS Sistema de Información Geográfica. Proyecto de la Fundación de Geoespacial de Código Abierto. <http://qgis.osgeo.org>
- Quijano A. y Bayo García N. s, d). El relieve terrestre: teoría de la deriva continental y de la tectónica de placas. Recuperado de: <https://www.didacticamultimedia.com/registro/estudios/9/documentos/5el-relieve.pdf>
- Ramírez-Ramírez, J. 2017. Estructura del nido y selección de los sitios de anidación de aves anidantes de taludes en el polígono I de la Reserva de la biósfera el Triunfo, Chiapas. Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias biológicas. Universidad de Ciencias y artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Rangel, L. y Espíndola, J. 2019. Quetzal, nido en peligro. Página: reporte índigo. Disponible en: <https://www.reporteindigo.com/reporte/quetzal-nido-en-peligro-extincion-destruccion-habitat-rescate-aviario-proteccion/>
- Redpath, SM, Clarke, RG, Madders, M. y Thirgood, SJ. 2001. Evaluación de la dieta de rapaces: comparing granza, restos de presas y datos de observación en nidos de gallinas. *The Condor*. 103:184–188
- Rengifo, M., Castro, H. y Purroy, I. 2015. Uso de hábitat y relaciones ecomorfológicas de un ensamble de *Anolis* (Iacertilia: dactyloidae) en la región natural chocoana, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 31(2): 159-172.
- Renner, S. C. 2005. El resplandeciente Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) en la Sierra Yalijux, Alta Verapaz, Guatemala. *Journal of Ornithology*. 146: 79-84.
- Rotenberry, J. 1978. Components of Avian Diversity Along a Multifactorial *Ecology*. 59 (4): 693-699 <https://doi.org/10.2307/1938772>
- Ruiz-López, R. 2010. Estimación y actualización al 2009 de la tasa de transformación del hábitat de las áreas naturales protegidas SINAP I y SINAP II del FANP. CONANP-FONCET. Morelia, Michoacán.
- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Salamolard, M., Butet, A., Leroux, A. y Bretagnolle, V. 2000. Responses of an avian predator to variations in prey density at a temperate latitude. *Ecology* 81:

2428–2441.

[https://doi.org/10.1890/00129658\(2000\)081\[2428:ROAAPT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/00129658(2000)081[2428:ROAAPT]2.0.CO;2)

- Samapriya-Roy, Ujaval-Gandhi, Swetnam, T., Somasundaram, D. y Saah, A. (2024). samapriya/awesome-gee-community-datasets: Community Catalog (2.8.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13218907>
- Sánchez Amador, S. A. (2021). Biomasa: qué es, como se calcula y cómo se distribuye. España. Blog: Psicología y mente.
- SEMAHN, 2018. Quetzal, el ave más bella de América. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/quetzal-belleza-en-peligro>
- SEMARNAT, 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*), SEMARNAT/CONANP, México.
- Siegfried, D. G., Linvalle D. S. y Hille D. 2010. Analysis of Nest Sites of the Resplendent Quetzal (*Pharomachrus mocinno*): Relationship between Nest and Snag Heights. *The Wilson Journal of Ornithology*. 122(3):608–611
- Sibley, C. G., y J. E. Ahlquist. 1990. Phylogeny and classification of birds. A study in molecular evolution. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Siriwardena, G., Baillie, S.R., Bukland, S.T., Fewster, R.M., Marchant, J.H., y Wilson, J.D. 1998. Trends in the abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common Birds Census indices. *Journal of Applied Ecology* 35:24–43.
- Skutch, A. F. (1944). Life History of the Quetzal. *The Condor*. 46 (5): 213-235.
- Solórzano, S. 1995. Fenología de 22 especies arbóreas y su relación con la migración altitudinal del Quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*), en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Solórzano, S., Castillo, S., Valverde T. y Ávila, L. 2000. Quetzal Abundance in Relation to Fruit Availability in a Cloud Forest in Southeastern Mexico. *Biotropica* 32(3): 523-532
- Solórzano, S., y K. Oyama. 2002. El Quetzal, una especie en peligro de extinción CONABIO. *Biodiversitas* 45:1-6

- Solórzano, S., Castillo-Santiago, M.A., Navarrete, D. A. G. y Oyama, K., 2003. Impacts of the loss of Neotropical highland forests on the species distribution: a case study using Resplendent Quetzal an endangered bird species. *Biological Conservation*. 114:341-349.
- Solórzano, S. 2010. La historia natural del quetzal y sus perspectivas en conservación. Pp: 211-246. En: Pérez-Farrera M. A., Tejeda-Cruz C., Silva Rivera E. (editores). Los bosques mesófilos de montaña de Chiapas. Situación actual, diversidad y conservación. Ed. UNICACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Storch, D. y Frynta, D. 1999. Evolution of habitat selection: stochastic acquisition of cognitive clues? *Evolutionary Ecology*. 13:591-600
- Stotz, D. F., Fitz Patrick, J. W., Parker III, T. A. y Moscovits, D. K. 1996. Neotropical birds. Ecology and conservation. The University of Chicago Press, Chicago.
- Tella, J.L., M.G. Forero, M. G., Hiraldo, F. y Donázar, J. A. 1998. Conflicts between Lesser Kestrel conservation and European agricultural policies as identified by habitat use analyses. *Conservation Biology*. 12:593–604.
- Tinajero, H. 2005. Estructura y uso de hábitat de las comunidades de aves en los bosques de encino de la Sierra Madre Oriental. Tesis de maestría. Facultad de ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Torres M., Quinteros, Z. y Takano, F. 2006. Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves limícolas en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima-Perú. *Ecología Aplicada*, 5: 119-125. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v5i1-2.325>
- Universidad Iberoamericana. 2007. El Quetzal, una maravilla ancestral. *Kiwanja* núm. 3. México.
- Vega Rivera, J. H., Ayala D. y Hass C. A. 2003. Home-range size, habitat use, and reproduction of the Ivory billed Woodcreeper (*Xiphorhynchus flavigaster*) in dry forest of western Mexico. *Journal of Field Ornithology*. 74(2):141–151, 2003.
- Villagran, S.D. 2016. Selección de hábitat por el pequén (*Athene cunicularia*) en la periferia de la ciudad de Valdivia, sur de Chile. Trabajo de titulación. Facultad

de ciencias Forestales y recursos naturales. Universidad de Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Weller, M.W. 1999. Wetland Birds: Habitat Resources and Conservation Implications. Milton W. Cambridge University Press, New York. 277 pp.

Wheelwright, N. T. 1983. Fruits and ecology of Resplendent Quetzals. *The Auk*. 100: 286-301.

Wiens, J.A. 1992b. What is landscape ecology, really? *Landscape Ecology* 7: 149-150

Xioma, L., Yuyu, Z., Ghassem, R. A. y Zhengyuan, Z. 2018. Creating a seamless 1 km resolution daily land surface temperature dataset for urban and surrounding areas in the conterminous United States. 206: 84-97. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.010>