



# Universidad Autónoma de Tlaxcala

---

## Posgrado en Ciencias Biológicas

Densidad, abundancia en función de la estacionalidad y uso del hábitat del cernícalo americano (*Falco sparverius*) en el estado de Tlaxcala, México

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

Lilian Gabriela Crisanto Téllez

Codirectores:

Dr. Amando Bautista Ortega

Dr. Andrés Eduardo Estay Stange



# Universidad Autónoma de Tlaxcala

---

## Posgrado en Ciencias Biológicas

Densidad, abundancia en función de la estacionalidad y uso del hábitat del cernícalo americano (*Falco sparverius*) en el estado de Tlaxcala, México

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

Lilian Gabriela Crisanto Téllez

Codirectores:

Dr. Amando Bautista Ortega

Dr. Andrés Eduardo Estay Stange

Este proyecto fue realizado en el estado de Tlaxcala, México.

Financiamiento:

Beca CONACYT (606694)

Beca asistente de SNI (2016-2017).

Fortalecimiento de Cuerpos Académicos (Convocatoria 2016; SEP-PRODEP-UATLX-CA-227).

Agradecimiento al Posgrado del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UAT

A los miembros del comité tutorial

Dr. Amando Bautista Ortega

Dr. Andrés Eduardo Estay Stange

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella

Dr. Sergio Iván Ancona Martínez

Al laboratorio de Psicobiología del Desarrollo por su apoyo en aspectos académicos y por la amistad brindada.

## RESUMEN

El cernícalo americano *Falco sparverius* es el halcón más pequeño de Norteamérica, presenta una amplia distribución en el continente americano. Se ha documentado que las poblaciones localizadas en Estados Unidos y Canadá han disminuido significativamente (alrededor del 66% entre 1966 y 2014). Algunas de las hipótesis sobre el decline de sus poblaciones se relacionan a causas potenciales como, el desmonte de la tierra, que conlleva a la tala de árboles utilizados para nidificar, además de la pérdida de presas potenciales debido a las prácticas agrícolas, en conjunto con el uso de pesticidas y otros contaminantes. Actualmente se ha propuesto otra hipótesis relacionada con el evento de migración invernal, específicamente sobre los factores ecológicos que enfrenta la especie en los sitios utilizados durante este periodo de tiempo, así como a lo largo de las rutas migratorias.

En el centro de México la información ecológica de las poblaciones del cernícalo americano es prácticamente nula. Se desconoce incluso, de manera precisa, si hay poblaciones residentes o si solo está presente en esta región durante la época no reproductiva. Determinar su estado migratorio o residente, así como el uso de hábitat que explota, en una de las regiones más densamente pobladas del país, con amplias áreas industrializadas y enormes extensiones de explotación agrícola, proveería de información valiosa para la conservación de esta especie en estas latitudes.

En este trabajo se monitoreó estacionalmente a las poblaciones del cernícalo americano en el centro de México mediante 7 transectos de 16 kilómetros a lo largo, con un ancho de banda de 100 y 200 metros para determinar la densidad ( $\text{km}^2$ ) y la abundancia relativa consideró únicamente kilómetros lineales (100km). Además, se determinó la proporción sexual entre las áreas que abarcaron los transectos recorridos. Se describió el uso de hábitat mediante la preferencia por zonas antropizadas (cultivo vs urbano) utilizando puntos de radio fijo, ubicados en sitios urbanos (8 puntos) y de cultivo (8 puntos). Y finalmente se agregó una descripción del uso de perchas disponibles en los sitios muestreados.

Durante el año 2017 y parte del 2018 se recorrió un área total de 56 km<sup>2</sup>, dentro del estado de Tlaxcala, México. Debido a la estacionalidad del monitoreo, los registros del cernícalo americano fueron obtenidos en dos inviernos, dos primaveras, un otoño y un verano únicamente durante el 2017. En el otoño se obtuvo la mayor densidad de las poblaciones (1.26 cernícalos/km<sup>2</sup>), seguido por los dos inviernos monitoreados (2017: 1.08 cernícalos/km<sup>2</sup>; 2018: 0.93 cernícalos/km<sup>2</sup>). En el caso de las abundancias relativas se observó el mismo patrón tanto para el otoño (2017: 42.8 cernícalos/100 km) como en el invierno (2017: 41.07; 2018: 32.1 cernícalos/100km).

En cuanto al uso de hábitat, la frecuencia de cernícalos fue mayor en zonas de cultivo en comparación a las urbanas ( $p= 0.0001$ ). La proporción sexual varió en función al tipo de hábitat utilizado. Durante la época no reproductiva la frecuencia de hembras fue mayor en zonas de cultivo, seguido por los sitios urbanos. Mientras que, en zonas de bosque se observó una mayor frecuencia de machos ( $p= 0.0001$ ).

De acuerdo a las perchas disponibles principalmente en zonas antrópicas, las perchas artificiales como tendido eléctrico y postes de cableado fueron utilizadas en mayor proporción, seguido por perchas naturales como árboles de capulín (*Prunus sp*) y sabinos (*Juniperus sp*). La altura de las perchas fue de 5.9 metros en promedio para ambos sexos.

Con los resultados obtenidos concluimos que en esta región del centro de México se presenta una población migratoria con una estadía al menos de 6 meses en los sitios monitoreados, además de una población de menor tamaño posiblemente residente. El periodo otoño-invierno concuerda con la migración invernal del norte del continente hacia el sur, mientras que durante el verano correspondería a la época de reproducción. Resultados parecidos se obtuvieron en Baja California Sur donde en el periodo otoño-invierno el cernícalo americano presentó un incremento en las densidades.

El hábitat más utilizado fueron las zonas de cultivo, se ha documentado que especies de rapaces tienen preferencia por estas zonas principalmente por la abundancia de presas potenciales, y de por la presencia de perchas disponibles, que en su mayoría son del tipo artificial. Además, se ha

documento que la especie es tolerante a zonas modificadas por la actividad humana, particularmente a zonas de cultivo.

La diferencia en la proporción sexual durante el periodo invernal encontrada en los sitios de cultivo es de un tipo ASR con sesgo hacía las hembras, esto se podría asociar a la fisiología o comportamiento de la especie debido a la dominancia por parte de la hembra desplazando a los machos (de menor talla).

**Palabras clave:** *Falco spaverius*, migración invernal, uso de hábitat, densidad, abundancia relativa.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	4
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	7
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	8
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	8
<b>5.1 Objetivo General</b> .....	8
<b>5.2 Objetivos Particulares</b> .....	8
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	9
<b>6.1 Área de estudio</b> .....	9
<b>6.1.1 Clima</b> .....	9
<b>6.1.2 Orografía</b> .....	9
<b>6.1.3 Vegetación</b> .....	9
<b>6.1.4 Fauna</b> .....	10
<b>6.2 Monitoreo</b> .....	11
<b>6.3 Densidad y abundancia relativa</b> .....	12
<b>6.4 Uso del hábitat</b> .....	14
<b>6.4.1 Proporción sexual</b> .....	15
<b>6.4.2 Uso de percha</b> .....	16
<b>7. RESULTADOS</b> .....	17
<b>7.1 Presencia del cernícalo americano en el estado de Tlaxcala</b> .....	17
<b>7.2 Densidad y abundancia relativa de acuerdo a la estacionalidad</b> .....	18
<b>7.2.1.Densidades</b> .....	18
<b>7.2.1.1 Comparación entre métodos</b> .....	20
<b>7.2.2 Abundancias relativas</b> .....	21
<b>7.3 Uso del hábitat del cernícalo americano.</b> .....	22
<b>7.3.1 Zonas urbanas vs zonas de cultivo</b> .....	22

7.3.2 Proporción sexual en función a zonas urbanas, cultivo y de bosque .....	22
7.3.3 Uso de percha .....	24
7.3.4 Observaciones extras registradas .....	25
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	27
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>10.PERSPECTIVAS</b> .....	33
<b>11. LITERATURA CITADA</b> .....	34





# 1. INTRODUCCIÓN

Los patrones de abundancia y distribución de los vertebrados están fuertemente relacionados con los factores ambientales presentes en su entorno. Los cambios provocados en el hábitat de una población pueden causar un decremento e inclusive extinciones locales (Fahrig 2003). En el grupo de las aves, la selección del hábitat está determinada por sitios adecuados para forrajear, anidar y la protección contra depredadores, a fin de garantizar una supervivencia y reproducción exitosa (Cody 1985, Rodríguez-Estrella 2007). Sin embargo, la pérdida y la fragmentación del hábitat reducen el tamaño de las poblaciones (Fahrig 1997). El cambio en los ecosistemas como efecto de la actividad antrópica ha sido evaluado a través de las aves como modelo de estudio, debido a la visibilidad de sus poblaciones, además del impacto que tiene sobre su permanencia (Kattan y cols. 1994, Rodríguez-Estrella y cols. 1998, Rodríguez-Estrella 2007, De Labra y cols. 2013). En especies de aves rapaces este tipo de perturbación pueden favorecer o perjudicar a sus poblaciones (Rodríguez-Estrella y cols. 1998, Sergio y cols. 2008, De Labra y cols. 2013), debido a que su presencia estará determinada por la oferta de recursos que brinda el ambiente donde se encuentran (e.g. Filloy y Bellocq 2007).

Aquellas especies que suelen ser sensibles a las modificaciones en el entorno donde habitan, tales como la contaminación química (e.g. pesticidas en Jiménez, 2005), las alteraciones en el hábitat generadas por la fragmentación y la tala de bosques, así como el tráfico y cacería de las especies (e.g. *Tyto alba* en Moore y Mangel 1996), conllevan al aumento de la mortalidad y finalmente a la pérdida de las poblaciones (Rodríguez-Estrella y cols. 1998, Trejo y cols. 2007, Sergio y cols. 2008, Smallwood y cols. 2009, De Labra 2013).

Sin embargo, especies de carácter generalista se ven beneficiadas por la actividad humana, explotando los recursos alimenticios como zonas de vertederos o sitios de cría de otras aves (gallineros); la presencia de sitios potenciales para perchar y anidar (Meunier y cols. 2000) brindan una mayor tasa de supervivencia. Aquellas zonas cercanas a ciudades y campos de cultivo pueden presentar una mayor densidad de especies de aves rapaces (e.g. *Caracara cheriway*, *Falco sparverius* y *Falco peregrino*, Rodríguez-Estrella y cols. 1998). Se ha sugerido que la presencia de estas especies se presenta principalmente en bordes de carreteras con la

finalidad de forrajear (Bourquin 1983, Meunier y cols. 2000, Tinajero y Rodríguez-Estrella 2012) y percharse a lo largo de postes y tendidos eléctricos, favoreciendo la visualización de las presas potenciales, además de dejarlos fuera del alcance de posibles depredadores (Meunier y cols. 2000, Bellati, 2000).

En el caso del cernícalo americano (*Falco sparverius*), es una especie que presenta una amplia distribución continental y puede aprovechar una gran variedad de ambientes. Sin embargo, esta especie ha reportado un decline sostenido de sus poblaciones desde 1966 tanto en sus sitios de reproducción como en los de invierno (Patuxent Wildlife Research Center 2014) en Estados Unidos y Canadá. Algunas de las posibles causas son los desmontes para sitios de cultivo, eliminando árboles y troncos viejos utilizados para anidar, además de la exposición a pesticidas y otros contaminantes que afectan la cantidad y calidad de presas potenciales, así como la reducción del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión (Farmer y Smith 2009, Smallwood y cols. 2009).

Las poblaciones de cernícalo durante el periodo de invierno presentan migración hacia el sur del continente lo que conlleva a la búsqueda de hábitats de calidad, es decir, áreas que presenten las condiciones necesarias para cubrir las necesidades básicas de la especie durante un periodo de tiempo (Morrison y cols. 2006).

El uso de hábitat adecuado durante la época no reproductiva varía entre sexos, ya que el cernícalo presenta segregación sexual invernal de acuerdo al hábitat. Las hembras se localizan en zonas abiertas y cubiertas con vegetación baja, como pastos y algunas zonas de cultivo en crecimiento mientras que los machos utilizan principalmente zonas boscosas, con pinos, cipreses e inclusive árboles exóticos como el eucalipto (Mills 1976, Cruz 1976, Smallwood 1987). Los sitios abiertos son considerados de alta calidad de forrajeo, además de proveerles resguardo ante depredadores (Ardia y Bildstein 1997). La abundancia de recursos alimenticios en las zonas donde se establecen las poblaciones modifican la conducta de forrajeo, ya que las tasas de caza en las hembras aumentan durante la mañana y alcanzan su pico antes del mediodía, esta actividad es notablemente menor durante la tarde, mientras que en los machos cazan durante todo el día (Cruz 1976, Smallwood 1987).

La dominancia por parte de la hembra del cernícalo ha sido explicada por la diferencia en el tamaño corporal, ya que las hembras son 8% más grandes que los machos. Esta característica está relacionada con la presencia de proporción sexual adulta (ASR por sus siglas en inglés) con sesgo hacía las hembras; este tipo de proporción se explica mediante la variación en el tamaño de los individuos, así como en la conducta de territorialidad que presenta el sexo dominante (Donald 2007, Liker 2013).

El uso diferencial del hábitat por parte de los dos sexos se presenta durante el periodo de invierno, e inicia con las diferencias migratorias asociadas al sexo y a la edad ya que al inicio de la migración invernal las hembras y los juveniles se establecen primero en los sitios que serán explotados temporalmente, seguidos por los machos (Farmer y Smith 2009). Durante este periodo de tiempo los cernícalos pueden ser vulnerables a factores relacionados con la calidad del hábitat utilizado, a lo largo de las rutas migratorias (Henny y Brady 1994, Smallwood y cols. 2009, Miller y cols. 2012).

Las tres principales rutas utilizadas por el cernícalo americano durante la migración invernal son, la costa pacífica desde la Columbia Británica hasta California, la inter montañosa desde Alaska hasta el suroeste de México y finalmente las montañas rocallosas, desde el interior de Alaska hasta el sur de México (Henny y Brady 1994, Hoffman y cols. 2002, Bobowski y cols 2014). Debido a la ruta que siguen las poblaciones de cernícalo americano hacía el sur del continente, el centro de México podría albergar a poblaciones migratorias, además de la presencia de poblaciones residentes.

## 2. ANTECEDENTES

El cernícalo americano presenta una distribución Neártico / Neotropical, desde Alaska hacia el este a través de Canadá, de forma discontinua en México, de América Central a Nicaragua, y al sur de ambos lados de los Andes de Argentina y Uruguay (Global Raptor Information Network 2012, The Cornell Laboratory of Ornithology 2015). Pesan aproximadamente 80-165 gramos y su talla aproximada es de 22-31 centímetros; presenta dimorfismo sexual marcado, el macho tiene un color azul en la cabeza y alas, y un color rojizo en su cuerpo, mientras que la hembra carece de coloración azul en las alas, siendo reemplazada por una coloración marrón rojizo. Ambos sexos presentan barras verticales negras en ambos lados de la cara (Howell y Webb 1999, The Cornell Laboratory of Ornithology 2015).

Esta especie no utiliza material de anidación, además de ser un anidador de cavidades secundario, también puede ocupar huecos naturales en los árboles, algunas grietas y pueden utilizar cajas nido, que hayan sido colocadas en sitios urbanos o naturales de la especie. La puesta de huevos es de 4-5, de los cuales eclosionan 1 o 2 y el periodo de incubación es de 26-32 días (Global Raptor Information Network 2012, The Cornell Laboratory of Ornithology 2015).

Se han descrito los sitios utilizados por la especie tanto para su reproducción como después de ella durante el periodo de invierno. La subespecie *F.s.palus*, localizada al sureste de Estados Unidos, anida principalmente en bosques del género *Quercus* y *Pinus*, principalmente por el tamaño de la hoja que presentan estas especies, sin embargo, el crecimiento urbano ha permitido que la especie se encuentre rodeada de áreas urbanas, pastizales y cultivos (Bohall-Wood y Collapy 1986, Smallwood y Collopy 2009). Durante el periodo de invierno se presenta una defensa individual de los territorios, además de presentar uso diferencial del hábitat (Mills, 1976). Se sabe que los machos tienen acceso a hábitats con una mayor cobertura vegetal, mientras que las hembras se localizan en áreas abiertas (Cade 1955, Mills 1976, Smallwood 1987). Además, independientemente de los sitios ocupados durante este periodo de tiempo el sustrato utilizado para cazar son los parches que presentan hierbas cortas; probablemente debido a que estos contienen presas similares que explotan tanto hembras como machos (Smallwood

1987). Su dieta está basada en pequeños artrópodos, insectos, pequeños reptiles y mamíferos, así como aves paseriformes (Howell y Webb 1999, The Cornell Laboratory of Ornithology 2015). Se ha reportado que el periodo de anidación va de abril a agosto, mientras que el periodo de migración invernal durante el periodo no reproductivo inicia entre los meses de septiembre y octubre, finalizando a mediados del mes de marzo (Henny y Brady 1994).

El ámbito hogareño del cernícalo americano registrado en Jamaica tuvo un radio de 0.6 km (Cruz 1976) mientras que, para América de Norte, se ha registrado de 0.5 o 0.6 km hasta los 2 km de radio (Smith y cols. 1972); la diferencia en el área ocupada por las poblaciones se puede deberse a la diversidad y abundancia de presas. La altura de la percha también puede variar de acuerdo al sexo, se ha documentado la preferencia de los machos por perchas más altas (> 1 m) en comparación con las hembras (Stinson y cols. 1981).

La población reproductora mundial del cernícalo americano es de 4 millones, de los cuales 39% pasan parte del año en Estados Unidos, 10% en México y 13% en Canadá (estimación hecha por Partners Flight 2012). Clasificada como una especie de "Menor preocupación" por BirdLife International, pero según los criterios de la UICN, algunas poblaciones regionales de cernícalos americanos podrían clasificarse como vulnerables, es decir, poblaciones que experimentan una disminución de más del 30% en un periodo de 10 años (Global Raptor Information Network 2012, McClure y cols. 2017).

Existen estudios enfocados en las causas potenciales que podrían estar influyendo en la pérdida de las poblaciones del cernícalo americano, como la transmisión del Virus del Oeste del Nilo (VON) y aumentos en las poblaciones de halcón de Cooper (*Accipiter cooperii*) (Smallwood y cols. 2009). Sin embargo, en cuanto al VON se ha registrado que la ocupación de cajas nido en individuos de cernícalo ya era muy baja antes de 1995, por lo que estas disminuciones se presentaron antes que el registro de VON en el año de 1999 (Medica y cols. 2007, Smallwood y cols. 2009). Además de que la mayoría de las aves afectadas por el VNO sobreviven y adquieren inmunidad a lo largo de toda su vida (Medica y cols. 2007, Smallwood y cols. 2009). Por otro lado, la disminución en las poblaciones del cernícalo atribuida al incremento de las poblaciones del halcón de Cooper, no es suficientemente robusta para explicar las causas del decline debido a que en algunas regiones de Estados Unidos esa especie no presenta una

distribución en las zonas donde habita el cernícalo americano, por lo que no se ha encontrado un empalme de ambas poblaciones durante los monitoreos de cajas nido en los años de 1966-2007 y 1980-2007 (Farmer y Smith 2009; Smallwood y cols. 2009).

Existen poblaciones residentes del cernícalo que habitan en el sureste de los Estados Unidos durante todo el año (Miller y cols. 2012). Un porcentaje de las poblaciones del cernícalo americano en el norte del continente presenta migración durante el periodo de invierno, el periodo de ausencia de la especie en los sitios de anidación es de al menos seis meses (septiembre-marzo) (Henny y Brady, 1994). Se sabe que el 89.5% de los cernícalos americanos pertenecientes al este de Oregón, el este de Washington y Idaho son migratorios, y que migran principalmente al oeste de México durante el invierno (Henny y Brady 1994); sin embargo, poblaciones que han sido marcadas en sus sitios de anidación parecen no retornar después del fenómeno de migración invernal. En Baja California Sur se han registrado tanto poblaciones residentes como migratorias, estas últimas presentan el patrón de migrar durante el periodo de otoño y retornar a los sitios de anidación a mediados de la primavera (Tinajero y Rodríguez-Estrella, 2012).

### 3. JUSTIFICACIÓN

Las poblaciones de cernícalo americano han decrecido alrededor de 66% entre los años de 1966 y 2014, específicamente en el Norte de América (Estados Unidos y Canadá). Aunque algunas posibles causas asociadas al decline se han abordado principalmente en los sitios de reproducción y anidación de la especie. Algunos autores sugieren estudiar las áreas utilizadas durante el periodo no reproductivo (invernal).

Este periodo de tiempo es un factor importante para las poblaciones de la especie ya que se ha documentado que un porcentaje que migran al país no regresan a sus sitios de anidación en Estados Unidos. Es nula la información relacionada con poblaciones migratorias y residentes del cernícalo americano en centro del país; además se desconoce el uso del hábitat y de los recursos utilizados durante este periodo de tiempo.

Por ello en este trabajo se describió las poblaciones de cernícalo americano a lo largo del año en el estado de Tlaxcala, ubicado en la zona de transición neovolcánica transversal. Las características heterogéneas de esta zona fisiográfica permiten describir el tipo de hábitat preferentemente utilizado por la especie, además de la explotación de recursos como la percha; contribuyendo así conocimiento de las poblaciones que se albergan en esta región de importancia en México.



## **4. HIPÓTESIS**

La densidad y abundancia del cernícalo americano varía de acuerdo a la estacionalidad.

La presencia del cernícalo americano estará determinada por zonas de cultivo y urbanas.

La proporción sexual varía de acuerdo al tipo de hábitat utilizado durante el periodo no reproductivo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Determinar la densidad, abundancia relativa, el uso del hábitat y proporción sexual en el cernícalo americano en el estado de Tlaxcala.

### **5.2 Objetivos Particulares**

- Determinar la densidad y la abundancia relativa del cernícalo americano de acuerdo a la estacionalidad.
- Determinar la presencia del cernícalo americano en zonas urbanas y de cultivo.
- Determinar la proporción sexual en zonas de cultivo, bosque y urbanas.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Área de estudio

Este estudio se realizó en el estado de Tlaxcala que cuenta con una superficie de 4016 km<sup>2</sup> dividido en 60 municipios situado en la región este del país, limitado al norte con Hidalgo, al norte, este y sur con Puebla y al oeste con el estado de México (Figura 1).

#### 6.1.1 Clima

El 99.2% de la superficie del estado presenta un clima templado subhúmedo, mientras que el 0.6% es clima seco y semiseco, localizado hacia la región este, y únicamente el 0.2% frío localizado en la cumbre de La Malinche. La precipitación media anual es de 720 mm anuales, con lluvias en verano en los meses de junio a septiembre.

#### 6.1.2 Orografía

La superficie queda comprendida en el sistema volcánico transversal; en el estado existe una llanura que se extiende en el noroccidente y suroriente de la delimitación estatal, la zona occidental la conforman sierras de origen ígneo o volcánico como el volcán Malinche o Matlalcueytl, con una altitud de 4 438 msnm. En la parte oriental hay lomeríos y una pequeña sierra con forma de meseta en donde se encuentran elevaciones superiores a 3200 msnm, mientras que la altura más baja se localiza en el suroccidente del estado a 2200 msnm.

#### 6.1.3 Vegetación

La superficie estatal compuesta por vegetación está cubierta en un 72.9% por zonas agrícolas, utilizando tierras para el cultivo de maíz, frijol, cebada, trigo y papa, el 15.5% por bosques que contienen especies de *Pinus*, *Juniperus*, *Abies* y *Quercus*; un 5.6% por pastizales (*Bouteloua hirsuta* y *Bouteloua gracilis*), el 3.5% por matorrales (*Opuntia streptacantha* y *Mimosa biuncifera*) y el 2.5% restante por otros tipos de vegetación.

#### **6.1.4 Fauna**

Alberga 417 especies distribuidas en 54 especies de mamíferos, 310 de aves, 18 anfibios, 32 reptiles y 3 de peces; la mayor riqueza de especies se encuentra en la región de la malinche.

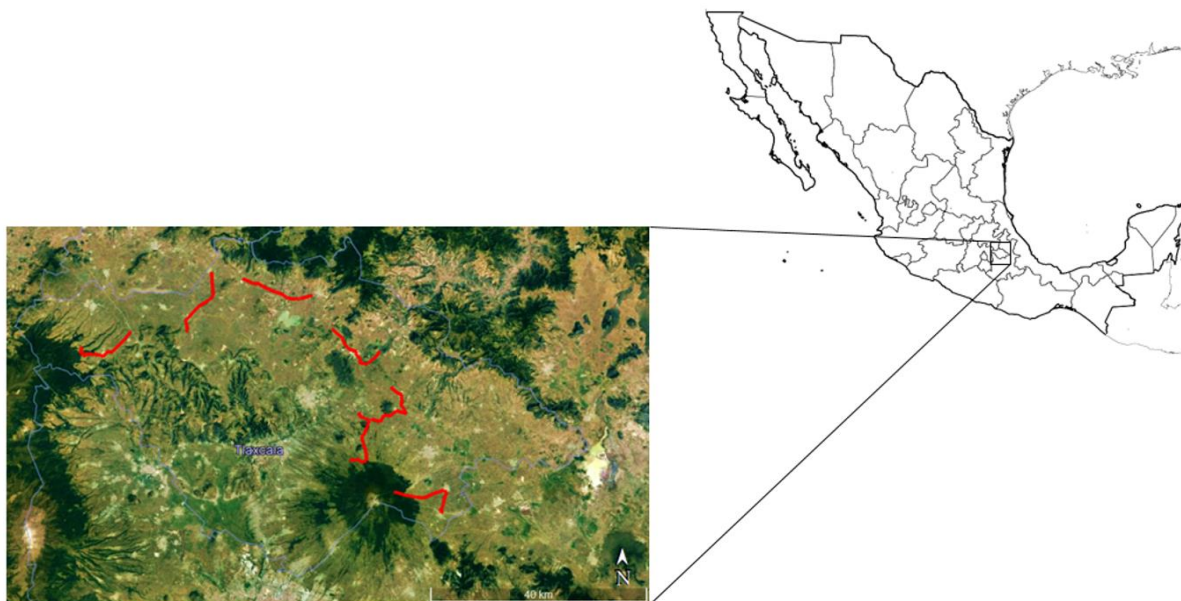
Dentro de las especies presentes en la entidad se encuentran en el caso de los mamíferos, ardillón, ardilla terrestres y arborícola, cacomixtle norteño, armadillo nueve bandas, comadreja cola larga, mapache, lince, murcielago vampiro, además de murcielagos fructíferos, rata cangura, musarañas; en el caso de los roedores se localizan el ratón espinoso, ratones silvestres del nuevo mundo, el ratón pigmeo, el ratón de los volcanes, la rata montera, entre otros. En el caso de las aves, se encontrará el gorrión cantor, mirlo primavera, colibrí pico ancho, ibis cara blanca, golondrina, búho cornudo, chara crestada entre otras. Dentro de los anfibios y reptiles se encuentran, el ajolote del altiplano, rana manchada, salamandra, sapo de la meseta, víbora de cascabel transvolcánica, culebra lineada de bosque, víbora de agua, lagartija espinosa de collar y espinosa mexicana, así como el camaleón de montaña entre otros.

En el caso de invertebrados, se tiene una diversidad de artrópodos como arañas, alacranes, así como mariposas, escarabajos, saltamontes y chapulines, entre otros.

.

## 6.2 Monitoreo

El monitoreo a lo largo del estado de Tlaxcala se realizó a través de recorridos sobre transectos (Fig. 1), durante todo el año 2017 y parte del año 2018 (mayo). Para registrar la presencia espacio-temporal del cernícalo americano los monitoreos se realizaron tanto durante el invierno (migración de las poblaciones), como el resto de las estaciones del año. Las observaciones se hicieron bimestralmente abarcando cada estación del año, iniciando a las 7:00 a.m. y finalizando a las 17:00 aproximadamente (Tabla 1).



**Figura 1.** Localización geográfica de los transectos (líneas rojas); TI- Zitlaltepec-Ixtenco, TII-San José Teacalco-Xalostoc, TIII- Entrada a San José Teacalco, TIV-Sololuca, TV-Tlaxco, TVI-Soltepec, TVII-Nanacamilpa.

**Tabla1.** Cronograma de monitoreo del cernícalo americano por meses mediante transectos.

<b>Monitoreo 2017</b>	
INVIERNO	Enero
PRIMAVERA	Marzo, Mayo
VERANO	Julio, Septiembre
OTOÑO	Noviembre
<b>Monitoreo 2018</b>	
INVIERNO	Enero
PRIMAVERA	Marzo, Mayo

### 6.3 Densidad y abundancia relativa

Se establecieron 7 transectos con una distancia de 16 kilómetros de largo y con un ancho de banda fija de 200 metros de ancho en cada lado de la línea central del transecto. Su recorrido se realizó bimestralmente. Los recorridos del transecto se realizaron en vehículo a una velocidad promedio de 25 km/h. (Fuller y Mosher 1987, Smallwood y Collopy 2009); el inicio del recorrido se alternó a lo largo de los monitoreos (de abajo hacia arriba y viceversa).

La densidad se definió como el número de aves registrada por área, es decir, el ancho del transecto multiplicado por la longitud del mismo. En este estudio se obtuvo mediante la fórmula:

$$D = n/2wL$$

, donde  $D$  es la densidad,  $n$  es el número total de cernícalos detectados,  $w$  es el ancho efectivo del transecto y  $L$  es la distancia de los transectos,  $D$  se estimó como cernícalos/km<sup>2</sup>.

Debido a la heterogeneidad de las zonas donde fueron colocados los transectos, el ancho de banda varió, ya que la detectabilidad difiere de acuerdo al hábitat muestreado (Millsap y LeFranc Jr.

1988, Viñuela 1997). De esta manera en el caso de las zonas de bosque que fueron atravesados por los transectos, el ancho de banda utilizado para determinar  $w$  fue de 100 metros, mientras que para las zonas agrícolas fue de 200 metros. También se obtuvieron las densidades mediante una banda de 150 metros, que es el promedio entre 100 y 200 metros comparando los resultados obtenidos. Esto con el fin de que las densidades obtenidas de la especie fueran representativas del sitio utilizado (Fuller y Mosher, 1987). Se ha demostrado que las bandas efectivas para el conteo en rapaces oscilan entre los 100 y 200 metros (Viñuela 1997).

Otro método utilizado para determinar la densidad fue mediante el programa DISTANCE, este programa utiliza la distancia perpendicular del individuo hacia el centro del transecto. Corrigiendo el decremento de detectabilidad de las aves respecto a la distancia del transecto; bajo el supuesto de que los objetos son más difíciles de detectar al incrementar la distancia desde una línea o punto  $g(0)=1$ . La fórmula utilizada fue:

$$D = (n f(0))/2L$$

donde  $D$  es la densidad,  $(n)$  el número total de aves detectadas,  $f(0)$  la función de detección estimada por el programa, y  $L$  es la distancia lineal total muestreada (User's Guide, Distance 7.1). Se ajustaron las funciones de detección para modelos de curva seminormal con coseno, uniformes con coseno y exponencial negativo con coseno. Se agruparon los datos por estaciones del año y finalmente para la selección del mejor modelo se usó el Criterio de Información de Akaike.

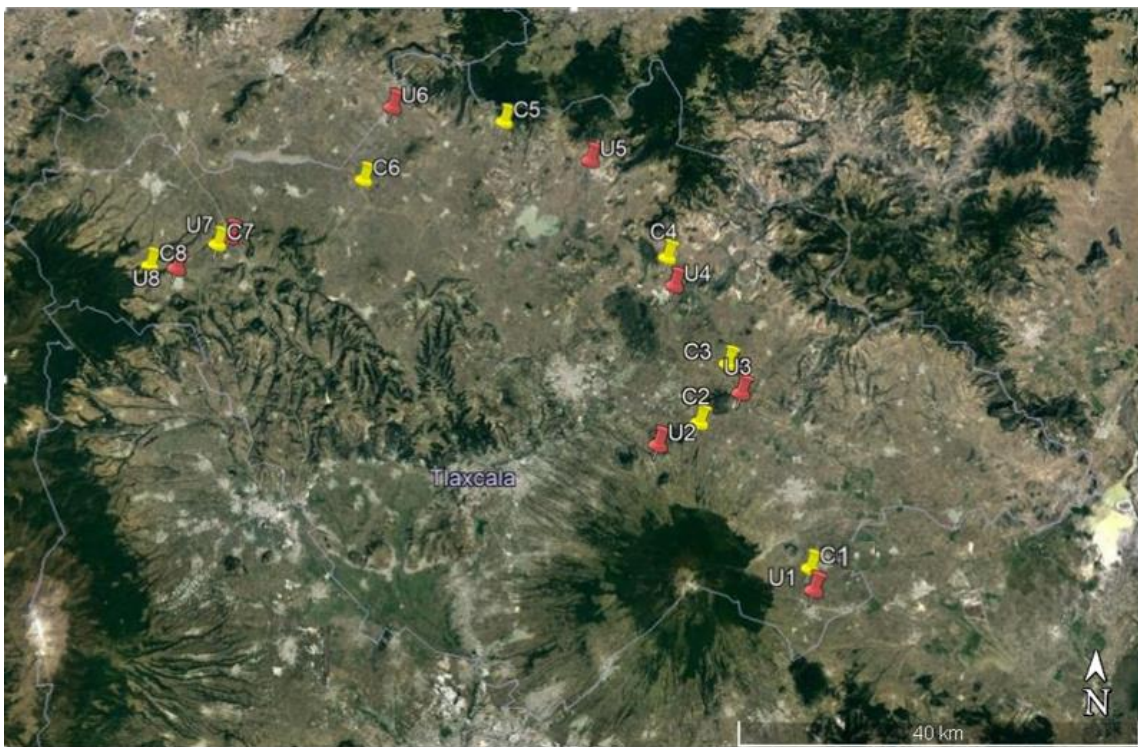
Se realizó un modelo lineal generalizado mixto con efecto aleatorio para conocer el efecto de la estacionalidad sobre las densidades de cernícalos obtenidas en este estudio. El factor aleatorio fueron los transectos recorridos a lo largo de las estaciones del año.

La abundancia relativa se consideró como los individuos registrados por la longitud del transecto y posteriormente se estimó como cernícalos/100 km (Wolffiden y Murphy 1997, Tinajero y Rodríguez-Estrella 2012). Las abundancias relativas también se obtuvieron con respecto a la estacionalidad.

## 6.4 Uso del hábitat

Para la descripción del hábitat utilizado por las poblaciones de cernícalo americano se registró la ocurrencia de la especie en zonas de cultivo y urbanas, así como el tipo de percha y altura de la misma.

Para determinar el tipo de paisaje más utilizado por el cernícalo americano (cultivo vs urbano) se generaron 16 puntos de radio fijo, 8 en paisajes de cultivo y 8 en urbano, cada punto estaba al menos a 2 km de distancia entre uno y otro para asegurar la independencia de las observaciones (Fig. 2). Los puntos tuvieron un radio de 250 m y la duración en el sitio fue de 15 min (Reynolds y cols. 1980, Hutto y cols. 1986, Fuller y Mosher 1987, Lynch 1995); las observaciones mediante los puntos fijos fueron bimestrales y se realizaron estacionalmente (Tabla 2).



**Figura 2.** Localización geográfica de los puntos de radio fijo donde 8 puntos colocados en paisajes de cultivo (amarillo) y 8 puntos en paisajes urbanos (rojo). Visitados bimestralmente para registrar individuos en ambos tipos de paisaje.

**Tabla2.** Cronograma de monitoreo del cernícalo americano mediante puntos de radio fijo, utilizado para determinar la preferencia por el tipo de paisaje ( cultivo vs urbano).

<b>Monitoreo 2017</b>	
INVIERNO	Febrero
PRIMAVERA	Abril, Junio
VERANO	Agosto, Octubre
OTOÑO	Diciembre
<b>Monitoreo 2018</b>	
INVIERNO	Febrero
PRIMAVERA	Abril

El criterio para determinar las dos zonas (cultivo y urbano) fue delimitarlos a partir del mapa digital de México, GAIA, INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2008), tomando en cuenta como zonas de cultivo aquellos sitios a menos de 100 metros de una zona de cultivo y mayor a 1 kilómetro de distancia de asentamientos humanos, mientras que las zonas urbanas fueron consideradas sitios menores a 100 metros de asentamientos humanos (Rodríguez-Estrella 2007). Para determinar la proporción de cernícalos entre las zonas urbanas y de cultivo se evaluó mediante una prueba de Chi-cuadrada.

#### **6.4.1 Proporción sexual**

Debido al uso diferencial que presenta la especie durante la época no reproductiva (Mills, 1976, Smallwood, 1987, Ardia y Bildstein, 2001), se determinó la proporción sexual en función a tres tipos de zonas, de bosque, cultivo y urbano; las frecuencias obtenidas se analizaron mediante una tabla de contingencia y evaluada mediante una prueba de chi-cuadrada. Los cernícalos registrados y asignados a un tipo de paisaje se localizaron mediante el criterio de ancho de banda fija en los transectos recorridos, mismos que fueron utilizados para determinar la densidad y abundancia de los cernícalos.



### 6.4.2 Uso de percha

Para describir los tipos de percha utilizados, fueron agrupadas en artificiales y naturales; en las perchas artificiales se incluyeron postes de concreto y madera, tendido eléctrico y antenas de comunicación; las perchas naturales incluyeron vegetación como árboles y arbustos. Se realizó una prueba de Chi-cuadrada para comparar el uso de las perchas con respecto a su tipo, natural o artificial.

Durante los recorridos dentro de los transectos se registró la conducta de los individuos en el momento de los avistamientos. Las conductas con un mayor número de observaciones incluyeron perchado, volando de percha a percha, cazando y cerniendo (hovering), que consiste en que el cernícalo permanece suspendida en el aire con un rápido aleteo, y posteriormente realiza un movimiento en picada para capturar a la presa.

La observación de la conducta de percha permitió la búsqueda de egagrópilas en las perchas utilizadas, se colectaron y se llevaron al laboratorio. Las egagrópilas fueron analizadas de manera independiente, separando pelos, huesos (cráneos, mandíbulas, costillas, etc.), plumas, escamas y restos de invertebrados y se tomó como un individuo-presa por egagrópila (Sarasola y cols., 2003). Una vez que se identificaron a las presas a nivel de orden se obtuvo la frecuencia relativa de acuerdo al número de individuos de esa especie en relación al número total de presas de todas las especies contadas en todas las egagrópilas.

La biomasa consumida fue estimada para conocer el aporte energético de cada especie. Se obtuvo mediante la multiplicación del número de individuos de cada especie presa por su peso medio, obtenido mediante la literatura que tenga el peso promedio de las presas potenciales (Collapy & Koplín, 1983; Sarasola y cols., 2003; Figueroa-Rojas y Stappung-Corales, 2004; Martínez-Sarmiento, 2015).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Presencia del cernícalo americano en el estado de Tlaxcala

En el año 2017 y 2018 se realizaron monitoreos bimestrales mediante transectos, durante el periodo de muestro se recorrieron un total de 1008 km (Tabla 3).

**Tabla 3.** Esfuerzo de muestro durante el periodo de invierno-otoño del 2017 e invierno-primavera del 2018.

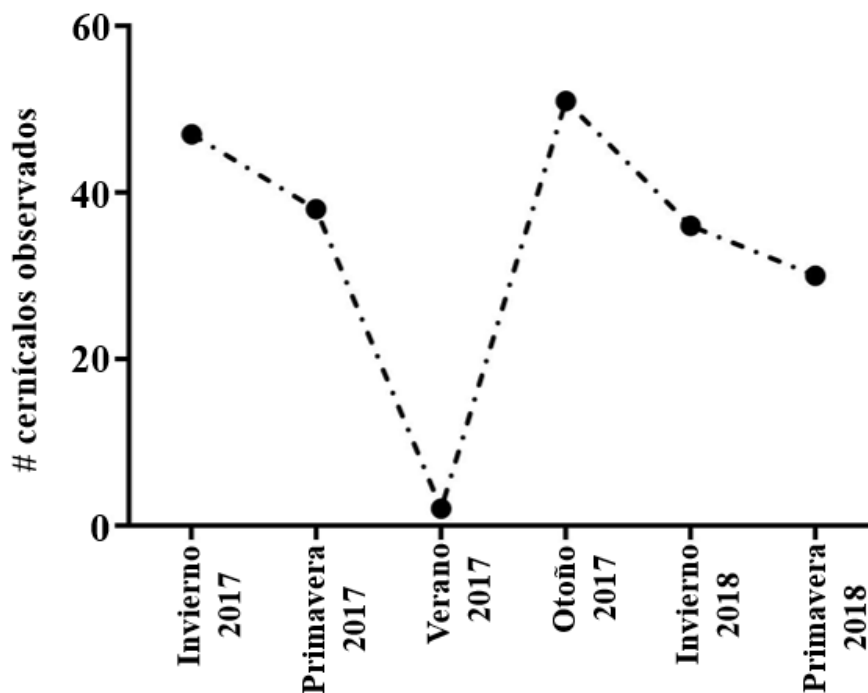
Estaciones del año	Esfuerzo de muestreo (km/hrs)
Invierno	112km/11hrs
Primavera	224km/22hrs
Verano	224km/22hrs
Otoño	112km/11hrs
Invierno	112km/11hrs
Primavera	224km/22hrs

Se registró un total de 204 observaciones de cernícalos durante todo el monitoreo. Al agruparse por estacionalidad se observó un mayor porcentaje de individuos durante el otoño del año 2017 (Tabla 4).

**Tabla 4.** Número total de cernícalos observados en los transectos durante las diferentes estaciones del año (invierno al otoño del 2017 e invierno a la primavera del 2018).

	Número de observaciones de cernícalos	Porcentaje
Invierno 2017	47	23%
Primavera 2017	38	18.7%
Verano 2017	2	0.1%
Otoño 2017	51	25%
Invierno 2018	36	17.8%
Primavera 2018	30	14.8%
<b>Total</b>	<b>204</b>	

En las observaciones hechas a lo largo de los transectos de acuerdo a la estacionalidad, se registro un mayor número de individuos durante el otoño, primavera e invierno, que concuerda con el periodo migratorio invernal en ambos años (Fig. 3).



**Figura 3.** Número de cernícalos observados durante los muestreos estacionales en el año 2017 (invierno al otoño) así como el invierno y primavera del 2018.

## 7.2 Densidad y abundancia relativa de acuerdo a la estacionalidad

### 7.2.1. Densidades

Las densidades obtenidas reflejan la permanencia de poblaciones migrantes del cernícalo durante un periodo de seis meses en el estado de Tlaxcala, ya que las observaciones de individuos comenzaron en octubre (otoño) y finalizó en el mes de marzo (primavera). Sin embargo, se observaron individuos durante el verano, lo que podría corresponder a individuos residentes. La

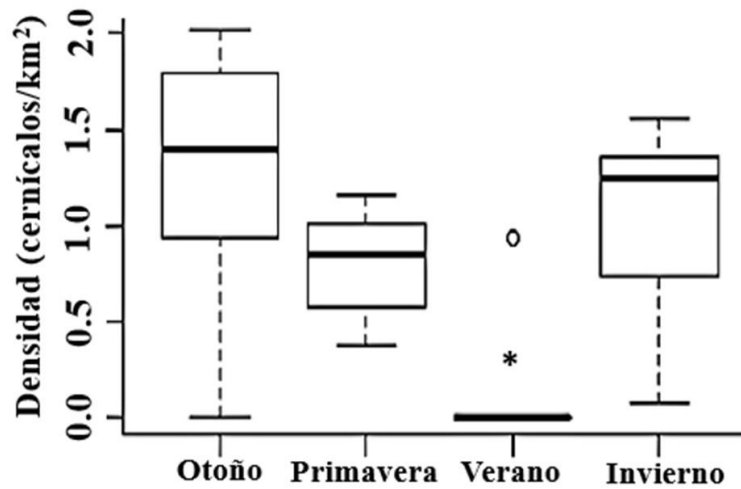
densidad de cernícalo americano fue mayor durante el otoño (1.26 cernícalos/km<sup>2</sup>) y menor durante el verano (0.13 cernícalos/km<sup>2</sup>) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Densidades del cernícalo americano de acuerdo a la estacionalidad y a zonas de bosques, agrícolas y urbanas recorridas durante el monitoreo (enero 2017-mayo 2018), con un ancho de banda de 100 y 200 metros.

<b>Estacionalidad</b>	<b>Densidades (cernícalos/km<sup>2</sup>)</b>
Invierno 2017	1.08
Primavera 2017	0.93
Verano 2017	0.13
Otoño 2017	1.26
Invierno 2018	0.93
Primavera 2018	0.66

No se encontraron diferencias significativas en la densidad entre otoños-inviernos entre 2017 y 2018 ( $t= 1.08$ ,  $df=6$ ,  $p= 0.31$ ), ni entre las primaveras ( $t= 0.90$ ,  $df= 6$ ,  $p= 0.40$ ), por lo que fueron promediadas para obtener una única densidad para cada estación.

La estacionalidad tuvo un efecto sobre las densidades obtenidas del cernícalo americano ( $\beta= 0.26$ ,  $X^2 = 18.77$ ,  $p = 0.0003$ ). Las poblaciones del cernícalo observadas a finales de la primavera son migratorias y posiblemente residentes aquellas observadas durante el verano. (Tabla 5). La prueba post-hoc de Bonferroni mostró diferencias en las densidades obtenida en verano, ya que difirieron de otoño e invierno, pero no así de primavera ( $p<0.01$ ) (Fig.4).



**Figura 4.** Variación en las densidades del cernícalo americano en función a la estacionalidad, donde verano difirió significativamente de otoño e invierno (Prueba de Bonferroni  $p < 0.01$ ).

### 7.2.1.1 Comparación entre métodos

Mediante la banda de 150 metros de ancho se obtuvieron nuevamente las densidades (Tabla 6), presentando similitudes con las obtenidas en base la visibilidad de las zonas donde fueron localizados los cernícalos (bosque y agrícolas). Por lo que se sugiere utilizar una banda de 150 metros de ancho para el monitoreo del cernícalo americano, que podría ser eficaz sin importar el tipo de hábitat que atraviesen los transectos de banda fija.

**Tabla 6.** Densidades del cernícalo americano de acuerdo a la estacionalidad, obtenidas mediante transectos con un ancho de banda de 150 metros.

Estacionalidad	Densidades (cernícalos/km <sup>2</sup> )
Invierno 2017	1.36
Primavera 2017	0.97
Verano 2017	0.08
Otoño 2017	1.51
Invierno 2018	1.00
Primavera 2018	0.80

Finalmente, mediante el programa DISTANCE se observó una mayor densidad de cernícalos durante el otoño del 2017 (42.90 cernícalos/km<sup>2</sup>), seguido por los inviernos (2017: 33.7 cernícalos/km<sup>2</sup>, 2018: 14.48 cernícalos/km<sup>2</sup>), sin embargo, el número de individuos obtenidos por el programa fueron sobre estimados (Tabla 7).

**Tabla 7** Densidades obtenidas (cernícalos/km<sup>2</sup>) de forma estacional mediante DISTANCE, así como el coeficiente de variación (CV) y los intervalos de confianza (95%).

<b>Estacionalidad</b>	<b>Densidad (cernícalos/km<sup>2</sup>)</b>	<b>CV</b>	<b>IC</b>
Invierno 2017	33.70	0.28	18.28-62.12
Primavera 2017	12.76	0.27	6.67-24.40
Verano 2017	2.08	1	0.27-15.96
Otoño 2017	42.90	0.24	25.66-71.73
Invierno 2018	14.48	0.20	9.15-22.92
Primavera 2018	12.59	0.22	7.78-20.35

### 7.2.2 Abundancias relativas

La abundancia relativa fue mayor en el periodo de otoño con 42.8 cernícalos/100km y menor durante el verano con 2.67 cernícalos/100 km. El incremento en las abundancias se debe a las poblaciones migratorias (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores de las abundancias relativas del cernícalo americano de acuerdo a la estacionalidad durante el monitoreo (enero 2017-mayo 2018).

<b>Estacionalidad</b>	<b>Abundancia relativa (cernícalos/100km)</b>
Invierno	41.07
Primavera	33.92
Verano	2.67
Otoño	42.8
Invierno	32.1
Primavera	26.78

### 7.3 Uso del hábitat.

#### 7.3.1 Zonas urbanas vs zonas de cultivo

En los puntos fijos localizados en las zonas de cultivo se observó un mayor número de cernícalos en comparación con las zonas urbanas ( $X^2 = 14.29$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.0001$ ). La presencia de áreas modificadas por el ser humano son explotadas satisfactoriamente por los cernícalos.

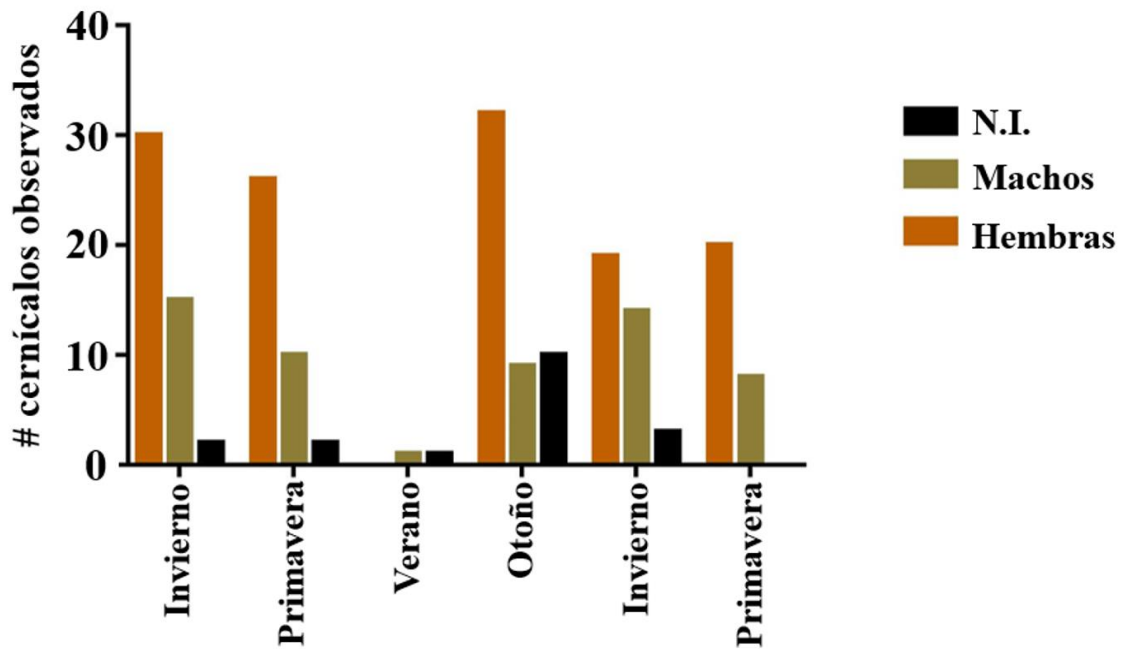
#### 7.3.2 Proporción sexual en función a zonas urbanas, cultivo y de bosque

Durante el monitoreo sobre transectos se observó el 62.74% de hembras, el 28.43% machos, y el 8.82% no se identificó (Tabla 9).

**Tabla 9.** Número total de observaciones durante el conteo por transectos en las diferentes estaciones del año (invierno al otoño del 2017 e invierno a la primavera del 2018). Hembras, machos y no identificados (N.I.).

	Hembra	Macho	N.I.
Invierno	30	15	2
Primavera	26	10	2
Verano	0	1	1
Otoño	32	9	10
Invierno	19	14	3
Primavera	21	9	0
<b>Total</b>	<b>128</b>	<b>58</b>	<b>18</b>

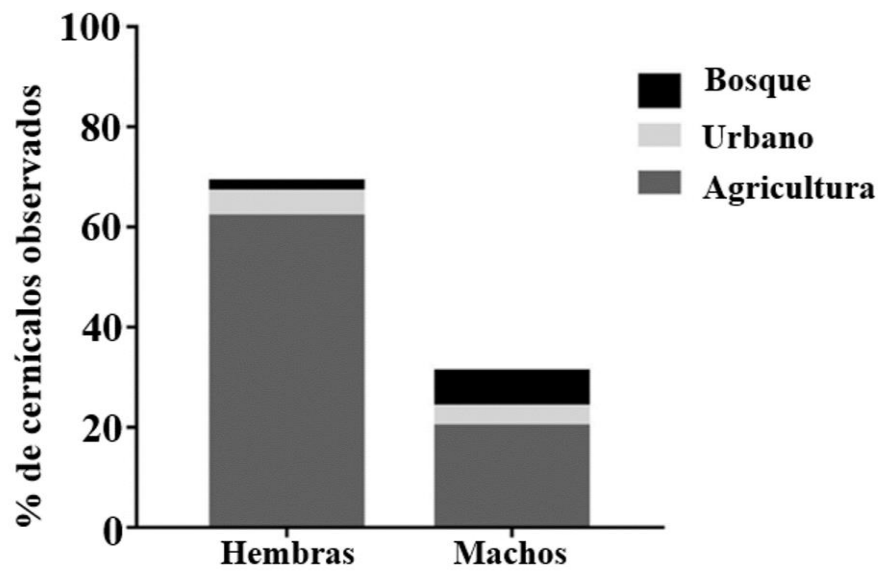
En los recorridos hechos a largo de los transectos de forma estacional se observó una proporción 2:1 de hembras en comparación a los machos durante todos los muestreos (Fig. 5).



**Figura 5.** Frecuencia de observaciones en proporción sexual (hembras, machos y no identificados) de acuerdo a la estacionalidad, durante todo el 2017, así como el invierno y la primavera del 2018.

En cuanto a las proporciones sexuales en relación a zonas naturales (bosques) y las zonas atropizadas (cultivo y urbano). La frecuencia de hembras fue mayor en sitios de cultivo, así como en los sitios urbanos, en este último sitio la proporción de hembras y machos fue similar ( $X^2 = 11.64$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.003$ ). Las zonas de bosque fueron las áreas donde la proporción sexual fue mayor en machos (Fig. 6).





**Figura 6.** Frecuencia de las proporciones sexuales del cernícalo americano de acuerdo a la zona.

### 7.3.3 Uso de percha

El tipo de perchas utilizadas por los cernícalos no difirió entre natural o artificial ( $X^2 = 0$ ,  $df = 1$ ,  $p = 1$ ); es decir, las perchas disponibles son explotadas por igual. Se analizó por separado cada tipo de percha (artificial o natural) con respecto al sexo. El tipo de percha artificial (hembras=71, machos=18) fue el más utilizado por las hembras en comparación a los machos ( $X^2 = 31.56$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.001$ ); para el caso del tipo de percha natural (hembras=51, machos=38) no varió el uso de percha con respecto al sexo ( $X^2 = 1.89$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.16$ ).

El paisaje dominante en el estado de Tlaxcala son las zonas destinadas a la agricultura, estas zonas presentan abundantes perchas artificiales, tales como los tendidos y postes eléctricos (Tabla 10).

**Tabla 10.** Tipos de perchas utilizadas más frecuentemente entre artificiales y naturales de un total de 178 perchas. Las perchas con una menor frecuencia no se muestran.

Perchas artificiales		Perchas naturales	
Tendido eléctrico	51	<i>Prunus sp</i>	26
Poste eléctrico	26	<i>Juniperus sp</i>	22
Otras perchas	12	<i>Árbol seco</i>	16
		<i>Cupressus sp</i>	13
		<i>Otras perchas</i>	12

La altura media a la que percharon ambos sexos se fue de 5.9 metros (n= 178); mediante la prueba de ANOVA, el resultado el tipo de percha utilizada por los individuos no tuvo un efecto con respecto a la altura de las perchas ( $F=0.12$ ,  $df= 1$ ,  $p=0.287$ ).

#### 7.3.4 Observaciones extras registradas

La conducta más registrada fue la de perchar (85%), mientras que las conductas como el vuelo, el forrajeo y las observaciones directas de alimentación ocurrieron en menor proporción.

El vuelo de los individuos se observó de percha a percha, así como el de caza, que fue considerado como vuelo de forrajeo; dentro de los tipos de forrajeo se observó la caza desde la percha (vuelo-percha) para alimentarse de pequeños invertebrados y en un caso se observó la caza de una ave paserina (familia *Fringillidae*, obs. per.); la caza de pequeños mamíferos se hizo mediante la conducta de cernido “hovering”. Los sitios de forrajeo fueron principalmente sitios de cultivo aunque en algunos casos se observó la conducta de caza en sitios completamente urbanos (e.g. dentro de la zona industrial del estado de Tlaxcala).

Por otro lado se colectaron 10 egagrópilas en los sitios de percha de dos individuos, fueron analizadas para determinar las presas consumidas (Tabla 11) y potencial aporte energético (Tabla 12).

**Tabla 11.** Especies presa consumidas por el cernícalo americano identificadas en las n= 2 egagrópilas colectadas durante los recorridos en transecto.

Presas (especie)	Número de presas	Frecuencia (%)	Ocurrencia
Roedores	4	25	1.00
Reptiles	1	6.25	0.50
Insectos			
Coleoptera	7	43.75	1.00
Orthoptera	4	25	1.00
<b>Total</b>	16		

**Tabla 12.** Especies presa consumida por el cernícalo americano (egagrópilas n=2), así como el peso y biomasa de las mismas.

Presas (especie)	Peso (g)	Biomasa	%
Roedores	21	84	78.13
Reptiles	12	12	11.18
Insectos			
Coleoptera	0.5	3.5	3.25
Orthoptera	2	8	7.44
<b>Total</b>		107.5	100

La información obtenida indica que la mayor biomasa obtenida por el cernícalo americano fue de los roedores. Presas que podrían ser mas abundantes en las zonas utilizadas durante el periodo invernal principalmente (Tabla 12).

## 8. DISCUSIÓN

Las poblaciones del cernícalo americano variaron de acuerdo a la estacionalidad. Fue en el otoño donde se obtuvo una mayor densidad (1.26 cernícalos/km<sup>2</sup>) en comparación a las demás estaciones monitoreadas. El incremento de cernícalos durante el otoño puede ser explicada mediante la migración invernal. Henny y Brady (1994) describieron este fenómeno en poblaciones del cernícalo americano provenientes del noroeste de Estados Unidos, estableciéndose en México durante los meses de septiembre y octubre; retornando durante la primavera hacia los sitios de reproducción. Por lo que la disminución de las densidades del cernícalo durante la primavera, el invierno (primavera 2017: 0.93 cernícalos/km<sup>2</sup>, primavera 2018: 0.66 cernícalos/km<sup>2</sup>) y casi nulas durante el verano (0.13 cernícalos/km<sup>2</sup>), son explicadas por el inicio de época reproductiva (Henny y Brady 1994).

La presencia de cernícalos durante el verano podría ser explicadas a través de poblaciones residentes. Sin embargo, los individuos localizados fuera de las estaciones que abarcan la migración invernal, únicamente fueron registradas en un transecto con características de amplia cobertura vegetal. Lo que podría concordar con las áreas naturales que son utilizadas por la especie para anidar (Smallwood y Collopy 2009).

Un estudio hecho en Baja California Sur describió poblaciones residentes y migratorias del cernícalo americano. En este estudio se compararon las densidades en áreas naturales y fragmentadas en medio de cultivos de acuerdo a la estacionalidad (Tinajero y Rodríguez-Estrella 2012). Se estimó una mayor densidad durante el otoño con 4.56 cernícalos/km<sup>2</sup> en área natural y 8.06 cernícalos/km<sup>2</sup> en área fragmentada dentro de cultivos, seguida por el invierno con 2.22 cernícalos/km<sup>2</sup> en natural y 2.99 cernícalos/km<sup>2</sup> en fragmentada. Estos resultados son parecidos a los obtenidos en nuestro estudio, pues el incremento de las densidades fue durante el otoño, seguidas por el invierno (2017: 1.08 cernícalos/km<sup>2</sup> e invierno 2018: 0.93 cernícalos/km<sup>2</sup>).

Las densidades obtenidas se basaron en la detectabilidad de los individuos al momento del monitoreo en función al tipo de hábitat recorrido. El hábitat natural fue bosque, mientras que el hábitat modificado fueron zonas de cultivo y urbanas. El 15% de los 112 km totales recorridos pertenecían a zonas de bosque y el 85% restante correspondió zonas de agricultura y asentamientos urbanos.

En cuanto a la distancia del observador para detectar individuos de los cernícalos sobre los transectos en relación al tipo de hábitat; los resultados obtenidos fueron similares a la estandarización de la distancia a 150 metros, dato tomado como media de las distancias (100 y 200 metros) utilizadas en este estudio. Sin embargo, la importancia de la variación en las distancias del transecto al individuo registrado, se debe a que el tipo de hábitat donde se monitorea mediante transectos puede alterar la visibilidad al momento del conteo en rapaces (Millsap y LeFranc Jr, 1988; Viñuela 1997). En el caso del estudio de falconiformes se ha sugerido que la detectabilidad de especies como *Accipiter cooperii* y *Buteo jamaicensis* es de hasta 300 metros de la línea de conteo. En nuestro caso al monitorear una especie de menor tamaño, consideramos que el ancho de 150 metros es eficaz para la detectabilidad del cernícalo americano en futuros estudios, tomando en cuenta cualquier tipo de hábitat donde sea localizado. Con respecto a la abundancia relativa obtenida durante el otoño (42.8 cernícalos/100km) fue mayor en comparación a las demás estaciones. Las abundancias relativas, al igual que las densidades, siguieron un patrón estacional.

En un estudio realizado durante la época reproductiva en áreas fragmentadas con mosaicos de pastos, cultivos, bosques y zonas urbanas al norte de Florida, se estimó una abundancia de 34.9 cernícalos/100km (Smallwood y Collapy 2009), la abundancia relativa de las poblaciones del cernícalo durante el periodo de invierno fue similar a lo reportado en ese estudio. Por otro lado, en este estudio se observaron estas abundancias en áreas naturales como fragmentadas por lo que los sitios tanto de reproducción como de invierno podrían ser similares.

En el estado de Arkansas, al sureste de los Estados Unidos, se monitoreó mediante transectos la abundancia del cernícalo durante el 2012 al 2013 (Bobowski y cols. 2014). Se reportó en este estudio un incremento de la abundancia relativa en el invierno y posteriormente, decreció al inicio de la primavera del siguiente año, la abundancia global fue de 1.36 cernícalos/10km, además de explotar principalmente sitios de cultivo durante este periodo de tiempo.

En el área fragmentada de B.C.S. se registró una abundancia en otoño de 52.5 cernícalos/100km en el año 2009. Mientras que durante el periodo de primavera-verano se registraron 18.5 cernícalos/100km (Tinajero y Rodríguez-Estrella 2012). Para el área fragmentada de Tlaxcala encontramos durante la primavera 33.92 cernícalos/100km, una abundancia relativa mayor en

comparación al estudio realizado en B.C.Sur, lo que podría deberse a una variación en las fechas de migración hacia los Estados Unidos.

Los datos obtenidos en cuanto a la densidad y abundancia relativa, en este estudio son representativos y explican la estadia invernal de las poblaciones del cernícalo americano. La conducta de fidelidad que presentan los individuos en sus sitios invernales es constante. Un estudio hecho al suroeste de Florida en E.E.U.U. (Hinnebush y cols. 2010), recapturó un total de 101 cernícalos únicamente en las áreas de invierno, registrando un retorno de las poblaciones durante 3 años consecutivo. El movimiento de los cernícalos fue a corta distancia (<1km) del área de invierno del año anterior. Tabb (1977) al sur de Florida, colocó trampas bal-chatri en los territorios que habían sido utilizados en los sitios de invierno y recapturo porcentaje individuos al siguiente año.

El hábitat utilizado por las poblaciones del cernícalo durante el período no reproductivo es de crucial importancia para su conservación, ya que la pérdida de sus poblaciones podría ser explicadas mediante el estudio en los sitios de invierno (Henny y Brady 1994, Smallwood y cols. 2009). La importancia de estos sitios y del seguimiento de las poblaciones es importante; en Florida, la población migratoria de invierno disminuyó en un promedio de  $7 \pm 2\%$  por año, desde 1994 al 2018. Los autores atribuyen a los cambios recientes en el uso de la tierra acompañados por una mayor densidad humana y la expansión suburbana (Hinnebush y cols. 2010).

El área total monitoreada en este trabajo presentaba un alto porcentaje zonas destinadas a la agricultura, dichos sitios fueron utilizados por el cernícalo americano en mayor proporción en comparación a zonas urbanas. Estudios previos han demostrado el uso equitativo de áreas como agrícolas, urbanas y fragmentadas por parte de la especie (Rodríguez-Estrella y cols. 1998, Rodríguez-Estrella 2007, Tinajero y Rodríguez-Estrella 2012). La presencia de recursos alimenticios y de sitios de resguardo ha favorecido el uso de estas zonas (Meunier y cols. 2000). Sin embargo, también han generado la pérdida de las poblaciones principalmente en los sitios de anidación (e.g. pesticidas ver en Jiménez y cols. 2005, Smallwood 1987, Smallwood y cols. 2009).

Las características de las zonas monitoreadas al ser heterogénea permitieron describir la segregación sexual en función al uso del hábitat mediante proporciones sexuales. En este estudio se registró un mayor número de hembras en zonas de cultivo, no así en zonas de bosque donde incrementó el número de machos. Estudios previos han demostrado el uso diferencial del hábitat entre sexos, ubicando a las hembras en sitios abiertos, mientras que a los machos en sitios cerrados con un mayor dosel (Mills 1976, Smallwood 1987). Sin embargo, para ambos sexos los hábitats de mayor calidad son aquellas zonas abiertas, las cuales son ocupadas en mayor proporción por las hembras debido a su papel dominante, explicado por la diferencia en el tamaño corporal (Ardia y Bildstein 1997).

Por este estudio las zonas asignadas como de bosque, así como de cultivo y urbanas no tuvieron el mismo número replicas, ya que sólo 15% pertenecía a sitios de bosque. Es decir, los transectos estaban compuestos en su mayoría por zonas de cultivo, así, la proporción sexual, podría estar estimando más hembras principalmente áreas de cultivo debido a que éstas son localizadas en mayor frecuencia en estos sitios. Sin embargo, como se discutió anteriormente, esta especie presenta segregación sexual del hábitat durante la migración invernal y los resultados obtenidos, siguen este patrón.

Las proporciones sexuales obtenidas en este estudio (62.7% de hembras, 28.7% machos y el 8.9% a los individuos que no fueron identificados), son comparables con otros trabajos realizados anteriormente, debido a la proporción 2:1 por parte de las hembras (Smallwood 1987, Ardia y Bildstein 1997; Ardia y Bildstein, 2001). Hinnebush y cols. (2010), recapturaron 80 hembras y 21 macho, mediante estas proporciones determinaron la supervivencia anual, que fue de 75% en cuanto a machos y un 74% de hembras. El incremento en la mortalidad de la especie a la persecución humana, debido a la condición en la que han recuperado las bandas de individuos localizados muertos; estudios realizados anteriormente, afirman como causa principal de la mortalidad de individuos marcados con bandas y anillos antes del periodo de migración invernal (Henny y Brady 1994, Hoffman y cols. 2002). La presencia de hembras en sitios abiertos podría generar un incremento en la mortalidad debido a la visibilidad que presentan estos sitios por la falta de cobertura vegetal (Smallwood 1987). Es importante conocer las proporciones sexuales, ya que la supervivencia de los individuos, principalmente sexualmente activos, podría generar descompensaciones de las poblaciones (Donald 2017).

En este estudio la preferencia por el uso de percha no difirió entre natural ni artificial, sin embargo, la presencia de cernícalos principalmente en zonas de cultivo albergaba en su mayoría perchas como postes y tendidos eléctricos. La presencia de perchas artificiales es consecuencia de la actividad antrópica, que favorece o perjudica a las poblaciones de aves rapaces (Bellati 2000; Trejo y cols. 2007; Filloy y Bellocq 2007). El uso de este tipo de perchas es más recurrente debido a la disponibilidad con que se presentan principalmente en zonas agrícolas (Pearlstine y cols. 2006), favoreciendo a los individuos en la obtención de recurso alimenticio, así como la protección contra posibles depredadores (Bellati 2000; Filloy y Bellocq 2007). Otra de las características del uso de percha está relacionada con el tamaño en las especies de rapaces, ya que aquellas aves rapaces que son de mayor tamaño, como es el caso de la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), esta especie puede explotar áreas agrícolas, sin embargo pueden requerir de perchas como árboles que al presentar una mayor cobertura vegetal puede ser de utilidad como camuflaje, además de utilizar perchas de mayor tamaño en comparación al cernícalo americano (Pearlstine y cols. 2006, Bobowski y cols. 2014).



## 9. CONCLUSIONES

El estado de Tlaxcala presenta poblaciones migratorias durante el otoño, invierno y primavera, mientras que durante el verano posiblemente se halla observado una población residente.

Las zonas de cultivo representaron en general el hábitat más utilizado por el cernícalo, ya que podría proporcionar mayor recurso alimenticio, corroborando los hábitos generalistas de la especie. La proporción de hembras incremento en zonas urbanas y de cultivo, pero no así en zonas de bosque, donde la proporción mayor fue de machos. Por lo que esta población de cernícalos podría presentar segregación sexual del hábitat durante el invierno.

Los cernícalos utilizan las perchas del tipo natural y artificial, además de no presentar preferencias de percha en función al sexo. La disponibilidad de perchas es mayor en áreas antropizadas.

## **10.PERSPECTIVAS**

En este trabajo se logró determinar una fluctuación estacional en las poblaciones del cernícalo americano, lo que permitió tener un primer antecedente de la dinámica poblacional de la especie principalmente en el centro del país. También se determinó el uso hábitat, registrando a la especie principalmente en áreas modificadas por el ser humano (sitios agrícolas y urbanos); esta información es importante ya que se puede generalizar acerca de las características propias del hábitat utilizado por las poblaciones invernales del cernícalo americano.

Este trabajo requiere de información acerca el origen de las poblaciones que migran durante el periodo de invierno, ya que este vínculo nos permitiría contribuir a la interrogante acerca de si la pérdida de las poblaciones de la especie podría deberse al fenómeno de migración, ya que se ha sugerido que, durante este periodo de tiempo, los individuos podrían no regresar a sus sitios de reproducción.

Por otro lado, es importante conocer la dieta de las poblaciones que se albergan en estas zonas, así como la riqueza y abundancia de las mismas. Para ello se requiere el listado de las especies que suelen ser presas potenciales para esta especie y de la búsqueda exhaustiva de egagrópilas en los sitios de percha.

## 11. LITERATURA CITADA

- Ardia D. R. y Bildstein K. L. (1997). Sex-related Differences in Habitat selection in Wintering American kestrels (*Falco sparverius*). *Animal Behaviour*. 53 (6), 1305–1311.
- Ardia D. R. y Bildstein K. L. (2001). Sex-related Differences in Habitat Use in Wintering American Kestrels. *Auk* Vol 118 (3), 746-750.
- Bellati J. (2000). Comportamiento y Abundancia Relativa de Rapaces. *Ornitología Neotropical* 11, 207-222.
- Berthold P. (1996). *Control of bird migration*. Springer Science y Business Media.
- Bourquin J. D. (1983). Death of Raptors Along the Geneva-Lausanne Motorway. *Nos Oiseaux* 393, 149-169.
- Cody M. L. (1985). *Habitat selection in birds*. New York, NY: Academic Press, Inc.
- Collapy M. W. y Koplín J. R. (1983). Diet, Capture Success, and Mode of Hunting by Female American Kestrel In Winter. *Condor* 85, 369-371.
- Cruz A. (1976). Food and Foraging Ecology of the American Kestrel in Jamaica. *The Condor*, Vol. 78 (3), 409-412.
- De Labra M. A., Escalante P. y Monterrubio-Rico T. (2013). Diurnal Raptors in Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Mexico: Current Presence and Relative Abundance. *Journal of Raptor Research*, 47(4), 392-399.
- Fahrig L. (1997). Relative Effects of Habitat Loss and Fragmentation on Population Extinction. *Journal of Wildlife Management*, 61, 603-610.
- Fahrig L. (2003). Effects Of Habitat Fragmentation On Biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst*, 34, 487-515.
- Farmer C. J. y Smith J. P. (2009). Migration monitoring indicates widespread declines of American Kestrel (*Falco sparverius*) in North America. *Journal Raptor Research* 43(4), 263-273.
- Figueroa Rojas R. A. y Stappung Corales E. S. (2004). Summer Diet Comparison Between the American Kestrel (*Falco Sparverius*) and Aplomado Falcon (*Falco Femoralis*) in an Agricultural Area of Araucanía, Southern Chile. *Hornero* 19 (2), 53-60.
- Filloy J. y Bellocq M. I. (2007). Respuesta de las Aves Rapaces al Uso de la Tierra, Un Enfoque Regional. *Hornero*, 22, 131-140.
- Flight P. I. (2012). *Species assessment database*.

- Fuller M. R. y Mosher J. A. (1987). Raptor survey techniques. En B. A. Giron, B. A. Pendleton, K. W. Millsap, & D. M. Bird, Raptor management techniques manual (págs. 37-66). National Wildlife Federation, Washington D.C.
- Gallina S. A. (2011). Capítulo 12. Características y evaluación del hábitat. En S. A. Gallina, & C. López-González, Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen 1 (pág. 377). Querétaro. México: Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C.
- Garshelis D. L. (2000). Delusions in Habitat evaluation: Measuring Use, Selection, and Importance. En L. Boitani, & T. K. Fuller, Research techniques un animal ecology: controversies and consequences (págs. 111-164). Columbia University Press, New York.
- 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
- Henny C. J. y Brady G. L. (1994). Partial Migration and Wintering Localities of American Kestrels Nesting in the Pacific Northwest. *Society for Northwestern Vertebrate Biology*, 37-43.
- Hinnebusch D. M., Therrien J. F., Valiquette M. A., Robertson B., Robertson S. y Bildstein K. L. (2010). Survival, Site Fidelity, and Population Trends of American Kestrels Wintering in Southwestern Florida. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(3), 475-483.
- Hoffman S. W., Smith J. P. y Meehan T. D. (2002). Breeding Grounds, Winter Ranges, and Migratory Routes of Raptors in the Mountain West. *Journal of Raptor Research*, 36(2), 97-110.
- Howell S. G. y Webb S. (1999). *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford: Oxford University Press.
- Hutto R. L., Pletschet S. M. y Hendricks P. (1986). A Fixed-Radius Point Count Method for Nonbreeding and Breeding Season Use. *The Auk*, 593-602.
- Jiménez B., Rodríguez-Estrella R., Merino R., Gómez G., Rivera-Rodríguez L. y González M. J. (2005). Results and Evaluation of the First Study of Organochlorine Contaminants (PCDDs, PCDFs, PCBs, and DDTs), Heavy Metals and Metalloids In Birds from Baja California, México. *Environmental Pollution*, 133, 139-146.
- Kattan G. H., Alvarez-López H. y Giraldo M. (1994). Forest Fragmentation and Bird Extinctions: San Antonio Eighth Years Later. *Conservation Biology* 8, 138-146.
- Ketterson E. D. y Nolan V. (1976). Geographic Variation and Its Climatic Correlates in the Sex Ratio of Eastern-Wintering Dark-Eyed Juncos (*Junco Hyemalis Hyemalis*). *Ecology*, 57, 679-693.

- Martínez Sarmiento C. A. (2015). Comparación de la Ecología Trófica del Búho Cornudo (*Bubo virginianus*) en una Zona Natural y Una Fragmentada del Matorral Desértico en Baja California Sur. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Tesis de Maestría*, 74.
- Medica D. L., Clauser R. y Bildstein K. (2007). Prevalence of West Nile Virus Antibodies in a Breeding Population of American Kestrels (*Falco sparverius*) in Pennsylvania. *Journal of Wildlife Diseases*, 43(3), 538–541.
- Meiri S. y Dayan T. (2003). On the validity of Bergmann's rule. *Journal of Biogeography*, 30, 331-351.
- Meunier F. D., Verheyden C. y Jouventin P. (2000). Use of Roadsides by Diurnal Raptors in Agricultural Landscapes. *Biological Conservation*, 92, 291-298.
- Miller M. P., Mullins T. D., Parrish Jr. J. W., Walters J. R., y Haig S. M. (2012). Variation in Migratory Behavior Influences Regional Genetic Diversity and Structure Among American Kestrel Populations (*Falco sparverius*) in North America. *Journal of Heredity*, 503–514.
- Mills G. (1976). American Kestrel Sex Ratios and Habitat Separation. *Auk*, Vol. 93.
- Millsap B. A. y LeFranc Jr M. N. (1988). Road Transect Counts For Raptors: How Reliable Are They? *J. Raptor Research* 22, 8-16.
- Moore T. G. y Mangel M. (1996). Traffic Related Mortality and the Effects on Local Population of Barn Owls *Tyto alba*. (No. FHWA-PD-96-041).
- Morrison M. L., Marcot B. G. y Mannan R. (2006). *Wildlife-Habitat Relationships. Concepts and Applications*. NW, Suite 300, Washington, D.C. Island Press, 1718 Connecticut Ave. 3rd ed.
- McClure C., Schulwitz S., Van Buskirk R., Pauli B. y Heath J. (2017). Commentary: Research Recommendations for Understanding the Decline of American Kestrels (*Falco sparverius*) Across Much of North America *Journal of Raptor Research*, 51(4):455-464
- Network G. R. (2012). Species account: American Kestrel *Falco sparverius*. <http://www.globalraptors.org>.
- Newton I. (2003). Geographical Patterns in Bird Migration. Berthold P, Gwinner E, Sonnenschein E, editors. *Avian migration*. Berlin (Germany): Springer-Verlag., 211–224.
- Ocampo-Peñuela N. (2010). El Fenómeno de la Migración en Aves: Una Mirada Desde la Orinoquia. *ORINOQUIA*, 188-200.
- Ornithology C. L. (2015). *American Kestrel*, Bird Guide. Cornell University.

- Patuxent Wildlife Research Center*. (2014). Obtenido de North American Breeding Bird Survey 1966-2014 Analysis: [https://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/spec114\\_comp.html](https://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/spec114_comp.html)
- Pearlstine E. V., Mazzotti F. J. y Hudson Kelly M. (2006). Relative Distribution and Abundance of Wintering Raptors in Agricultural and Wetland Landscapes of South Florida. *Journal Raptor Research* 40, 81-85.
- Pulido F. (2007). The genetics and evolution of avian migration. *Bioscience*, 165–174.
- Reynolds R. T., Scott J. M. y Nussbaum R. A. (1980). A Variable Circular-Plot Method for Estimating Bird Numbers. *Condor*, 309-313.
- Rodríguez-Estrella R. (2007). Land Use Changes Affect Distributional Patterns of Desert Birds in the Baja California Peninsula, Mexico. *Diversity and Distributions, Journal Compilation* 13, 877–889.
- Rodríguez-Estrella R., Donázar J. y Hiraldo F. (1998). Raptors as Indicators of Environmental Change in the Scrub Habitat of Baja California Sur, Mexico. *Conservation Biology* 12, 921-925.
- Sarasola J. H., Santillán A. y Galmes M. A. (2003). Food Habits and Foraging Ecology of American Kestrel in the Semiarid Forest of Central Argentina. *The Raptor Research Foundation*, 236-243.
- Sergio A., Caro T., Brown D., Clucas B., Hunter J., Ketchum, J., Hiraldo F. (2008). Top Predators as Conservation Tools: Ecological Rationale, Assumptions, and Efficacy. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 39, 1-19.
- Smallwood J. A. (1987). Sexual Segregation by Habitat in American Kestrels (*Falco sparverius*) Wintering in South Central Florida: Vegetative Structure and Responses to Differential Prey Availability. *Condor* 89:842–849.
- Smallwood J. A., Causey M. F., Mossop D. H., Klucsarits J. R., Robertson B., Robertson S. y Boyd K. (2009). Why Are American Kestrel (*Falco sparverius*) Populations Declining in North America? Evidence from Nest-Box Programs. *Journal of Raptor Research* 43(4), 274-282.
- Smith D. G., Wilson C. R., y Herbert H. (1972). The Biology of the American Kestrel in Central Utah. *The Southwestern Naturalist*, 17 (1), 73-83.
- Stinson C. H., Crawford, D. L., & Lauthner, J. (1981). Sex difference in winter habitat of American Kestrel in Georgia. *Journal of Field Ornithology* 52 (1), 29-35.
- Survey N. A. (s.f.). Analysis 1966–2014.
- Tabb E. (1977). Winter Returns of American Kestrels in Southern Florida. *North American Bird Bander*, 2, 163.

Tinajero, R., & Rodríguez-Estrella, R. (2012). Efectos de la Fragmentación del Matorral Desértico Sobre las Poblaciones del Aguililla Cola.Roja y del Cernícalo Americano en Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(2), 427-446.

(Smallwood & Collopy, 2009)Viñuela J. (1997). Road Transects as a Large-Scale Census Method For Raptors: the Case of the Red Kite (*Milvus milvu*) in Spain. *Bird Study* 44:2, 155-175.