



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

**Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Biología
Licenciatura en Biología**

**Características del sitio de anidación
de ardillas voladoras (*Glaucomys
volans*) en un bosque de pino-encino
en el estado de Hidalgo**

T E S I S

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

Daniela Campuzano Chávez Peón

Directora de tesis: Dra. Iriana Zuria Jordan

I. Resumen

Se estudiaron las características del sitio de anidación de ardillas voladoras (*Glaucomys volans*), de abril a octubre de 2009, en un bosque de pino-encino en la Unidad de Manejo Ambiental Rancho Santa Elena en Hidalgo. Se obtuvo información sobre su ecología de anidación que puede ayudar a elaborar estrategias de protección y conservación de la especie y su hábitat.

Se encontraron 31 nidos, todos externos en dos especies de árboles: *Quercus laurina* y *Alnus jorullensis*. Los árboles utilizados por las ardillas para la construcción de nidos fueron gruesos (DAP promedio de 33.29 cm) y altos (altura promedio de 16.23 m). Los nidos se encontraron a una altura promedio de 14.35 m y se localizaron agrupados en dos cañadas principales cerca de los arroyos y dentro de las zonas forestales de conservación.

Se realizó un muestreo por cuadros trazándose una cuadrícula sobre un área de 750 m por 1050 m (123.75 hectáreas). Se compararon características del hábitat entre los cuadros con nidos y los cuadros sin nidos con el objeto de analizar las variables del hábitat que pudieran estar influyendo en la selección del sitio de anidación.

Las zonas con nidos presentaron en promedio una mayor cobertura de rocas, mayor número de árboles muertos en pie y mayor pendiente del terreno que las zonas sin nidos. En las zonas sin nidos el género de árbol dominante fue *Pinus* y en las zonas con nidos fue *Quercus* de hoja delgada.

Se observó un mayor porcentaje de cobertura de zona forestal de conservación y una mayor longitud de los arroyos en los cuadros con nidos. El mayor porcentaje de cobertura de zona bajo manejo se encontró en los cuadros sin nidos.

Es probable que la presencia de las ardillas esté también relacionada con otras variables como la disponibilidad de alimento y otros componentes de la estructura forestal que no fueron cuantificados en este estudio.

II. Introducción

Las ardillas voladoras *Glaucomys volans* (Linnaeus, 1758) son las ardillas arborícolas más pequeñas y las únicas nocturnas de México. Se desplazan corriendo entre las ramas o planeando, característica de la cual se deriva su nombre común (Dolan y Carter, 1977; Ceballos y Manzano, 2005). En México habitan en laderas húmedas de bosques templados densos, en los que los encinos son los árboles dominantes (Ceballos y Miranda, 1985; Manzano, 1993). Su distribución es discontinua en México, restringiéndose a algunas áreas montañosas con bosques de encino y de pino-encino, principalmente en la Sierra Madre Oriental y del Sur y el Eje Neovolcánico (Diersing, 1980; Ceballos y Galindo, 1983).

G. volans está catalogada como amenazada por la legislación mexicana (SEMARNAT, 2002) debido a su distribución fragmentada y a la destrucción de los bosques que constituyen su hábitat (Ceballos y Manzano, 2005). Sus requerimientos de hábitat, en general, incluyen una estructura forestal que les permita moverse, con árboles de considerable altura (Bendel y Gates 1987), presencia de troncos huecos u otras cavidades naturales para anidar, ya que se trata de anidadores secundarios (Muul, 1974; Gilmore y Gates, 1985; Taulman *et al.*, 1998), y disponibilidad de bellotas, pues constituyen su fuente primaria de alimentación (Muul, 1968; Harlow y Doyle, 1990). La disponibilidad de sitios para anidación es un factor que aparentemente limita su distribución (Muul, 1974; Dolan y Carter, 1977; Manzano, 1993), y la elección del sitio de anidación puede depender de factores como el microclima, la especie de árbol y la densidad de los árboles circundantes.

A pesar de que se conocen algunos aspectos sobre la biología y el hábitat de *G. volans* para Norteamérica, no existen estudios específicos sobre sus requerimientos de anidación en México, con excepción del trabajo de Manzano (1993). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar los sitios de anidación de las ardillas voladoras (*Glaucomys volans*), detectados en la Unidad

de Manejo Ambiental Rancho Santa Elena, en un bosque de pino-encino localizado en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo. Se obtuvo información sobre la ecología de anidación de la ardilla voladora con el fin de generar elementos que permitan elaborar estrategias de protección y conservación de la especie y su hábitat.

III. Antecedentes

III.1 Uso del hábitat y selección del sitio de anidación en ardillas voladoras

Las ardillas voladoras han declinado en las últimas décadas y se han convertido en una especie focal en el manejo forestal y la conservación en varios países (Reunanen *et al.*, 2000). Existen dos géneros de ardillas voladoras. En Europa se encuentra el género de ardilla voladora europea-asiática *Pteromys* con dos especies *P. volans* y *P. momonga*, siendo *P. volans* la especie más estudiada y se distribuye desde Finlandia hasta la costa del Pacífico y Japón, atravesando Rusia y China. En América, el género *Glaucomys* comprende las dos especies de ardillas voladoras del Nuevo Mundo: *G. sabrinus* que se distribuye en Alaska, Canadá y el oeste de Estados Unidos principalmente, y *G. volans* que se encuentra en Quebec y Nueva Escocia en Canadá, en el este de Estados Unidos y desde México hasta Honduras (Linzey y Hammerson, 2008a, 2008b, 2008c) (Figura 1).

Existen numerosos estudios sobre el uso del hábitat y la selección del sitio de anidación para *Pteromys volans*, sobre todo en Finlandia. Se ha encontrado que la presencia de la especie depende de la estructura del paisaje (Reunanen *et al.*, 2002). Las ardillas requieren de bosques maduros de árboles perennifolios (del género *Picea*) junto con árboles caducifolios que produzcan suficientes bellotas y provean de cavidades para anidar.



Glaucomys volans

range type

- native (resident)
- native (breeding)
- native (non breeding)
- reintroduced
- introduced
- origin uncertain
- possibly extinct
- extinct

- national boundaries
- subnational boundaries
- lakes, rivers, canals
- salt pans, intermittent rivers

data source:
IUCN (International Union for Conservation of Nature)

azimuthal equal area central point: 0°, 0°

map created 10/01/2008

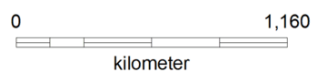


Figura 1. Distribución de *Glaucomys volans*. Tomada de:
<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/9240/0/rangemap> Consultada [2 noviembre 2010].

También requieren de conectividad entre parches de bosque y un número reducido de zonas abiertas para su persistencia local (Mönkkönen *et al.*, 1997; Reunanen *et al.*, 2000). La conectividad a una escala fina es más relevante que a una escala de paisaje, así como también es importante la proporción de bosque mixto y su arreglo espacial (Reunanen *et al.*, 2000).

Hurme *et al.* (2007) encontraron que la probabilidad de encontrar individuos de *P. volans* en parches de hábitat aumentaba con el tamaño y la calidad del parche y con menores distancias a otros parches ocupados; en su estudio los parches ocupados se encontraban espacialmente agregados. Reunanen *et al.* (2002) concluyeron que la persistencia de la ardilla voladora está determinada por la fragmentación y la degradación del hábitat a gran escala, asociándose la ocurrencia de la especie con la presencia de bosques mixtos.

Reunanen *et al.* (2004) describieron los umbrales de los porcentajes de uso de suelo a nivel de paisaje necesarios para la ocurrencia de *P. volans* en Finlandia. A nivel regional su estudio sugiere que por lo menos 14% del área total debe de estar cubierta por bosques maduros para la persistencia de la especie, mientras que a escala local encontraron que si las áreas abiertas cubrían más del 60% del área, los parches de hábitat estaban desocupados. Los autores reconocen que las características locales del hábitat podían variar considerablemente debido a condiciones microclimáticas y edáficas.

Por otro lado, Mönkkönen *et al.* (1997) encontraron que la presencia de *P. volans* decrece al incrementar la proporción de hábitat abierto en un radio de 1 km, de manera que el aumento de hábitats abiertos a escala local tiene un impacto negativo sobre la especie.

También en Finlandia, Desrochers *et al.* (2003), utilizando radiotelemetría, observaron que las ardillas voladoras *P. volans* se localizaban a diferentes distancias de las orillas del bosque. Definieron tres tipos de hábitat: “hábitat de anidación” donde se encontraron los nidos, consistente en bosques de *Picea* con árboles mayores de 15 m. Los bosques de *Pinus* y bosques jóvenes menores a 15

m se clasificaron como “hábitat de movimiento” y un tercer elemento llamado “hábitat abierto” consistió en zonas recientemente taladas, cuerpos de agua o campos de cultivo. Las ardillas voladoras y sus nidos se localizaron más cerca de lo esperado de los bordes de hábitat. La distribución tal vez fue reflejo de la abundancia de bellotas, ya que la proporción de árboles deciduos era mayor en las áreas abiertas, y no se observó que los bordes actuaran como barreras de movimiento. Los autores concluyen que las respuestas a los bordes son diversas y dependen de la escala espacial y del contraste entre ambos tipos de hábitat.

En Canadá, Wheatley *et al.* (2005) relacionaron la abundancia de ardillas *G. sabrinus*, estimada a través de trampas, al tipo de hábitat (composición del bosque: coníferas, bosque mixto y bosque deciduo) y a la estructura del paisaje (altura, edad de los árboles y heterogeneidad del rodal, así como la perturbación antropogénica) en tres niveles de la escala espacial. Para lograrlo mapearon todas las características del hábitat incluidas en radios de 50, 150 y 300 m alrededor de cada sitio estudiado. La abundancia promedio de ardillas fue similar en todos los hábitats. No se encontró relación entre la abundancia de ardillas y la composición de coníferas o la edad del rodal a ninguna escala espacial y únicamente a la escala espacial de 300 m se encontró una relación significativa y negativa entre la altura promedio del rodal y la abundancia de las ardillas. Este estudio pone en evidencia los problemas ambientales asociados con asignar una importancia relativa a tipos de hábitat o configuraciones de paisaje basados en estudios realizados sólo a un nivel de la escala espacial o en un contexto de paisaje.

Es probable que las ardillas (*G. sabrinus*) estén más relacionadas a componentes de la estructura forestal como el microclima (por ejemplo humedad) y la complejidad de la vegetación debajo del dosel, junto con otras variables como la disponibilidad de alimento, que con frecuencia no están disponibles en los mapas digitales (Wheatley *et al.*, 2005).

En Estados Unidos, Weigl (2007) reconoció que el mayor problema que se presenta para la conservación de *G. sabrinus* es comprender su posición ecológica compleja en las comunidades regionales así como la influencia de las

actividades humanas, por lo que es necesario considerar su papel como un oportunista biológico, como presa, como dispersor de micorrizas y como especie vulnerable a los posibles cambios antropogénicos y climáticos en el tamaño, arreglo y calidad de los bosques en los que habitan.

En el 2009 Ritchie *et al.* evaluaron los efectos independientes de la composición y configuración del paisaje sobre la presencia de *G. sabrinus* en Canadá. Las ardillas voladoras se presentaron con más frecuencia en bosques mixtos maduros. Su ocurrencia fue menos probable en sitios con mayores proporciones de áreas abiertas o sin árboles, sin estar correlacionada con el tamaño de parche y el contraste de borde.

Se ha estudiado el uso del hábitat (Gilmore y Gates, 1985) y la partición del microhábitat (Bendel y Gates, 1987) de *G. volans* en Estados Unidos. El tamaño del ámbito hogareño para los 82 adultos capturados y marcados fue de 3.49 ha para los machos y 1.89 ha para las hembras. El microhábitat alrededor de las cajas utilizadas como estaciones de alimentación tenía una mayor diversidad de especies de árboles y arbustos (Gilmore y Gates, 1985). Bendel y Gates (1987) realizaron un estudio en un bosque maduro cuya especie dominante era el encino rojo (*Quercus rubra*). Con radiotelemetría estimaron, para ocho adultos, un tamaño de ámbito hogareño promedio de 2.45 ha para los machos, de 1.95 ha para las hembras, mientras que para tres juveniles fue de 0.61 ha. Los nidos se localizaron en la periferia del ámbito hogareño alejados de áreas abiertas. La mayoría de los árboles muestreados (83.8%) se localizaron a más de 20 m de cualquier área abierta y solamente el 16.2% estaba cercano a estos bordes. Los nidos en cavidades se encontraban en promedio a una altura de 6.36 m en árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 50.42 cm \pm 3.30 E.S. (error estándar) (intervalo de 18 - 79 cm) y una altura promedio de 18.35 m \pm 0.11 E.S., donde el 68% de los árboles eran mayores de 15 metros. Encontraron que la estructura vegetal influenció el tamaño del ámbito hogareño y la partición del microhábitat. Las áreas de alta actividad, comparadas con las áreas de baja actividad, se caracterizaron por una mayor densidad de arbustos y una menor

cubierta de dosel, factores que podrían ser importantes como refugio para los individuos que están forrajeando, pero al mismo tiempo les permitiría planear para evadir a los depredadores.

También en Estados Unidos, Barret *et al.* (2009) investigaron el ámbito hogareño de *G. volans* en una península con vegetación ribereña. Encontraron un tamaño promedio de ámbito hogareño de 0.74 ha para los machos y 0.79 ha para las hembras sin encontrar diferencias significativas entre ambos sexos. Sin embargo, los valores fueron mucho menores que los reportados para hábitats boscosos en zonas no peninsulares. Ellos sugieren que existe una relación entre el paisaje, el tamaño de parches de alta calidad y el ámbito hogareño de la ardilla voladora.

Taulman *et al.* (1998) utilizaron cajas de anidación para estudiar las respuestas de las poblaciones de *G. volans* a lo largo de un gradiente de intensidad de perturbación. Encontraron que las ardillas voladoras son capaces de persistir en bosques fragmentados, donde la producción de bellotas es baja, al evitar las áreas taladas y concentrar sus actividades en los cinturones verdes dentro de las áreas aprovechadas (franjas de amortiguamiento de bosque de pino-encino sin aprovechamiento que se mantienen a lo largo de los arroyos intermitentes). Concluyeron que es importante manejar los bosques bajo una perspectiva de paisaje, preservando áreas de bosque sin perturbar dentro de las zonas aprovechadas con interconexión a través de corredores de hábitat forestal protegido.

Taulman y Smith (2004) llegan a las mismas conclusiones que Taulman *et al.* (1998) estudiando los patrones de uso de cajas de anidación en rodales de bosques sujetos a tala experimental. Ellos mencionan que cuando se reduce la cobertura boscosa, se aumentan las oportunidades para los depredadores y que, junto con la disminución de bellotas y de cavidades ocasionadas por el aprovechamiento forestal, se impide la persistencia a largo plazo de las ardillas voladoras.

En parques urbanos en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos, Keefe y Giuliano (2004) estudiaron el efecto de la estructura forestal sobre la distribución de *G. volans*. La falta de ardillas en ciertos parques se atribuía a la gran densidad de árboles pequeños, cobertura arbustiva densa y poca vegetación herbácea, mientras que la depredación no fue un factor importante. De todas las variables que pueden afectar la distribución de las ardillas en parques urbanos, la estructura forestal fue la más importante. Ellos sugieren que para asegurar la presencia de ardillas voladoras se debe mantener una variedad de estructuras y coberturas forestales, preservar los árboles que producen gran cantidad de bellotas ya que son una fuente de alimento, de cavidades y permiten el desplazamiento aéreo de las ardillas, y también, se debe reducir la cobertura de árboles pequeños y desperdicios de leña en el suelo para mejorar la detección de los depredadores, incrementar el crecimiento de una cobertura herbácea y la facilitar el movimiento en el suelo. Parece que un componente necesario en el hábitat ocupado por *G. volans* es la disponibilidad de agua. Muul (1968) encontró que todos los nidos registrados se encontraban a menos de 100 m de algún depósito de agua.

III.2 La ardilla voladora *Glaucomys volans* en México

En México el estudio de *G. volans* ha sido muy limitado. Su distribución es discontinua, restringiéndose a algunas áreas montañosas con bosques de encino y de pino-encino. Su distribución está limitada a alrededor de 40 localidades (Ceballos y Manzano, 2005).

Se reconocen cuatro subespecies en México (Diersing, 1980) (Figura 2):

- *G. v. goldmani* (Nelson, 1904)
- *G. v. guerreroensis* (Diersing, 1980)
- *G. v. madrensis* (Goldman, 1936)
- *G. v. oaxacensis* (Goodwin, 1961)

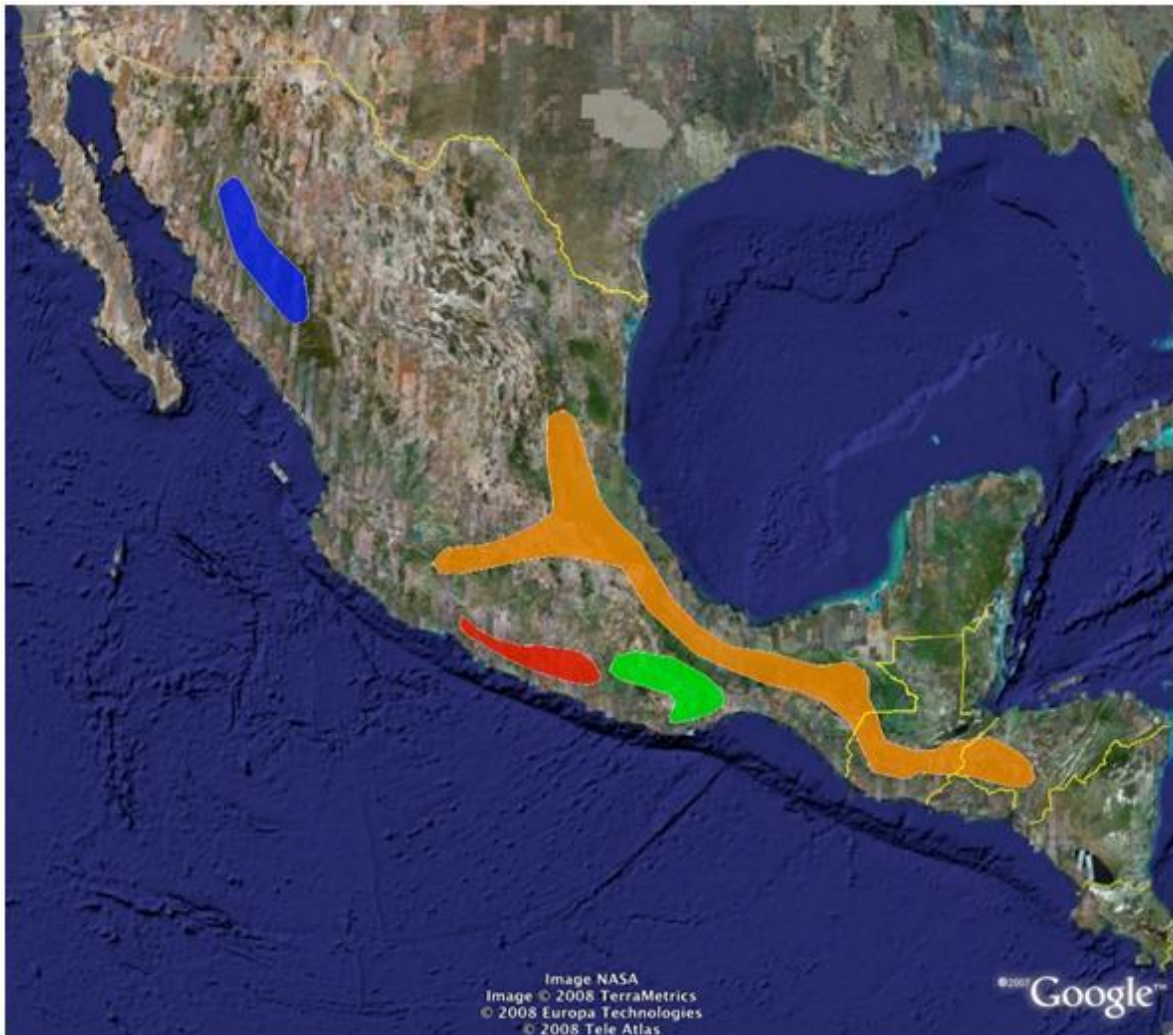


Figura 2. Área de distribución de las cuatro subespecies de *G. volans* en Mesoamérica. Las subespecies representadas por las aéreas coloreadas son: *G.v. goldmani* (anaranjado), *G.v. madrensis* (azul), *G.v. oaxacensis* (verde), *G.v. guerreroensis* (rojo). Tomada de (Kerhoulas, 2008).

G. v. goldmani es la subespecie de mayor distribución en el país (Figura 2), sin embargo, los registros recientes son escasos y aislados, lo que sugiere una distribución fragmentada similar a la que presenta la especie (Ceballos y Galindo, 1983). Se encuentra desde Tamaulipas hasta la parte central de Chiapas. En el centro de México se tienen registros de su presencia en los estados de Michoacán, Querétaro, México, Hidalgo y Veracruz. En 1997 Castillo *et al.* reportaron por primera vez a *G. v. goldmani* en el estado de Puebla.

Se ha sugerido que para lograr la conservación de *G. volans* a largo plazo es imperativo proteger algunas poblaciones a lo largo de su área de distribución y promover su recuperación (Ceballos y Manzano, 2005). Una evaluación de la situación de poblaciones de *G. volans* en cuatro regiones del centro del país mostró que desaparecieron de varios sitios donde se tenían registros previos. Entre estas localidades se encuentra Tepozán, Hidalgo, en donde para el año de 1993 ya no se encontró ninguna población de ardilla voladora (Manzano, 1993).

Se sabe que estas ardillas viven principalmente en bosques de encinos, pero también se encuentran en bosques mixtos de pino-encino y en bosques de oyamel. Únicamente se han realizado estudios sobre su biología en los estados de Querétaro, Morelos y México (Ceballos y Galindo, 1984; Ceballos y Miranda, 1985; Manzano, 1993). Para el estado de Hidalgo no se encontró ningún estudio sobre su biología.

En un trabajo realizado por Ceballos y Miranda (1985) se obtuvieron especímenes y se hicieron observaciones de ardillas voladoras en Pinal de Amoles, Querétaro, a una altitud de 2550 m y en San Bartolo, Morelos, a 2100 m de altitud. Todos los especímenes se localizaban en las pendientes húmedas de bosques maduros de encinos, cuyos árboles estaban cubiertos por epífitas como orquídeas, musgos, helechos y líquenes. Además de los encinos, otros árboles encontrados fueron pinos (*Pinus*), madroños (*Arbutus*), abetos (*Abies*) y ailes (*Alnus*). El dosel tenía una cobertura del 80 a 100% con árboles de 30 a 35 m de altura, siendo el promedio de 20 a 25 m. La mayoría de los 11 nidos encontrados en la localidad de Querétaro estaban en cavidades naturales de encinos aunque algunos fueron encontrados en huecos de pájaros carpinteros o en nidos externos. Los nidos se encontraron a una altura de 2.94 m con un intervalo de 1.5 – 10 m.

Manzano (1993) reportó que en Pinal de Amoles, Querétaro, las ardillas estaban en bosques poco diversos con alrededor de 10 especies de árboles, siendo el encino *Quercus laurina* (84%) la especie más abundante para las zonas con nidos. Para las zonas sin nidos el género *Pinus* fue el más abundante (44%). El interior de los nidos en cavidades estaba recubierto de musgos pero algunos

incluían líquenes y corteza. Un nido externo estaba construido exclusivamente de musgo. Encontró que la altura de los árboles con nidos fue de 21.8 ± 3.42 m (intervalo de 15.5 – 28.5 m) y el DAP de 71.12 ± 22 cm (intervalo de 39 - 111 cm). La altura a la que se encontraban los nidos en las cavidades fue de 2.75 ± 1.56 m (intervalo de 1.2 -7.5 cm).

Ceballos y Miranda (1985) concluyeron que la distribución de las ardillas voladoras en México puede estar influenciada por la disponibilidad de los sitios de anidación y que, en las regiones cubiertas por bosques de encino, estarían restringidas a áreas con árboles con cavidades naturales o nidos de carpintero.

III.3 Biología de *Glaucomys volans*

G. volans es una ardilla arborícola nocturna y su rasgo más característico es la capacidad de planear de un árbol a otro (Dolan y Carter, 1977) (Figura 2).



Figura 2. Ardilla voladora planeando. Foto de Pablo Cervantes C.

III.3.1 Descripción

G. volans (Figura 3) se caracteriza por presentar las extremidades anteriores y posteriores conectadas por un pliegue de piel totalmente cubierto de pelo, llamado patagio, que le sirve para planear. Generalmente planean distancias de seis a nueve metros, pero se han registrado desplazamientos de hasta 90 m (Dolan y Carter, 1977; Ceballos y Miranda, 1985). La cola está cubierta con una capa densa de pelo, es ancha, aplanada dorsoventralmente y con la punta redondeada (Sánchez-Cordero, 2003; Ceballos y Manzano, 2005). El pelaje es de longitud moderada (alrededor de 12 mm), denso, fino y de textura sedosa. El color puede variar de acuerdo a la estación y dependiendo de la subespecie, desde pardo canela claro a pardo oscuro, con el vientre color crema o blanco (Sánchez-Cordero, 2003; Ceballos y Manzano, 2005). Los ojos son grandes. El esqueleto es ligero y la bula timpánica está muy desarrollada (Ceballos y Manzano, 2005).

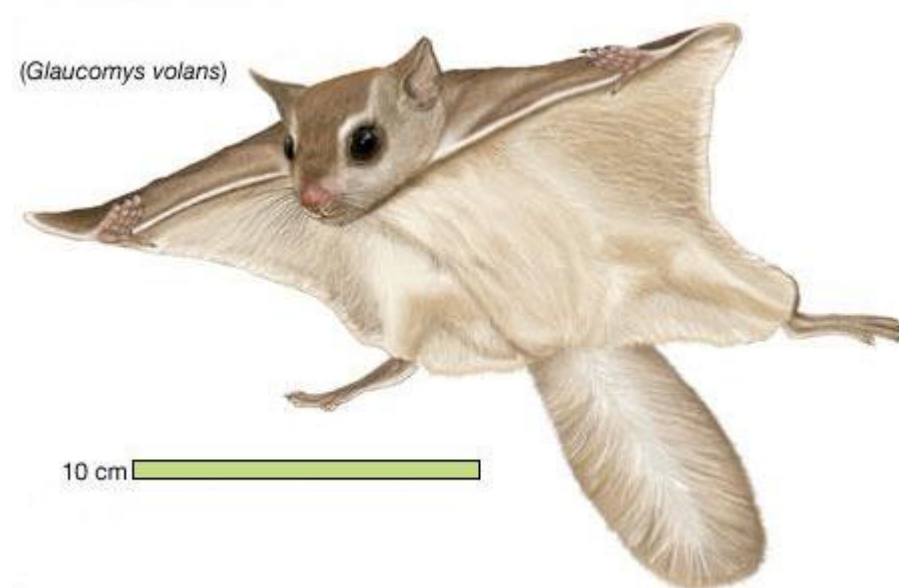


Figura 3. Ardilla voladora (*Glaucmys volans*). Tomada de:

<http://www.illustrationsource.com/stock/image/481310/north-american-southern-flying-squirrel-glaucmys-volans/> Consultada [2 noviembre 2010].

Para *G. volans* la fórmula dental es: incisivos 1/1, caninos 0/0, premolares 2/1, molares 3/3, total 22. Las medidas externas del adulto son: longitud total= 198 a 255 mm, longitud de la cola= 81 a 120 mm, longitud de la pata= 21 a 33 mm, longitud de la oreja= 13 a 23 mm. Los registros de peso varían de 46 a 85 gramos (Ceballos y Manzano, 2005). Las medidas corporales indican que no presentan dimorfismo sexual evidente (Dolan y Carter, 1977).

III.3.2 Historia natural y ecología

En México las ardillas voladoras parece que exhiben un largo periodo de reproducción (Ceballos y Miranda, 1985), en la primavera y el verano (Figura 4). Es posible que las hembras tengan dos camadas al año (Sánchez-Cordero, 2003). El periodo de gestación es de 40 días, y el promedio de crías por camada es de tres a cuatro. Las crías son altricias, ya que nacen ciegas, sin pelo y pesan alrededor de tres gramos (Dolan y Carter, 1977; Ceballos y Miranda, 1985).



Figura 4. Adultos de ardilla voladora con crías.

A pesar de ser principalmente herbívoras, son las ardillas más carnívoras de Norteamérica. Se alimentan frutos y semillas de especies como encinos y pinos

que pueden almacenar en nidos, grietas y cavidades. Además se ha reportado que consumen moras, flores, líquenes, hongos, aves pequeñas, huevos e insectos, pero cuando abundan las bellotas éstas constituyen prácticamente su único alimento. Entre sus depredadores se encuentran los búhos y lechuzas (Dolan y Carter, 1977).

Suele anidar en grietas o en cavidades hechas por pájaros carpinteros (Sollberger, 1940) o en nidos externos hechos sobre las ramas de los árboles. Los nidos son construidos con ramitas, musgo, líquenes y hojas apelmazadas de árboles caducifolios, y los pueden utilizar aunque existan cavidades disponibles (Selonen *et al.*, 2007). El interior del nido es cubierto por una estructura semicircular formada por musgos y líquenes (Ceballos y Miranda, 1985; Manzano, 1993). También utilizan plumas o corteza deshilachada como material para construir sus nidos (Bendel y Gates, 1987).

Son animales gregarios, lo que les permite mantener la temperatura de su cuerpo (Dolan y Carter, 1977). A finales de la primavera, cuando empieza la reproducción se vuelven territoriales, cada pareja defendiendo un territorio bien definido (Dolan y Carter, 1977; Ceballos y Miranda, 1985).

Muul (1968) reconoció que utilizan dos tipos de nidos: nidos permanentes y nidos que sólo son utilizados temporalmente como refugio o como distractor para los depredadores, en los cuales pueden defecar pero no permanecen en ellos. Este autor también documentó el uso de sitios subterráneos como probables refugios y rutas de escape, más que como nidos.

III.3.3 Tipo de vegetación e intervalo de altitudes

En México se ha registrado a *G. volans* en bosques templados, principalmente en bosques de encino. Sin embargo, también se encuentra en bosques de pino, oyamel, encino y de pino-encino. Se distribuye desde los 840 hasta los 3040 msnm (Ceballos y Manzano, 2005).

IV. Justificación

La situación de conservación de la ardilla voladora en México es considerada amenazada (SEMARNAT, 2002) debido a su distribución fragmentada y a la destrucción de los bosques que constituyen su hábitat, por lo que se estima que las poblaciones de esta especie continúan declinando en varias regiones. A pesar de esto, existen muy pocos estudios en México en cuanto a su distribución, biología y requerimientos de hábitat.

En este trabajo se estudian algunos aspectos de la ecología de anidación de las ardillas voladoras en un bosque de pino-encino, en el estado de Hidalgo. De esta manera, se proporciona información sobre la especie y su hábitat que podrá ser útil para su conservación, al ser una especie vulnerable a la pérdida y transformación antropogénica de su hábitat (Hurme *et al.*, 2007).

V. Objetivos

Objetivo General

- Caracterizar los sitios de anidación de las ardillas voladoras (*Glaucomys volans*) en la Unidad de Manejo Ambiental Rancho Santa Elena, en un bosque de pino-encino localizado en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo.

Objetivos Específicos

- Evaluar la distribución y densidad de nidos de ardillas voladoras en la zona de estudio.

- Describir e identificar las especies de los árboles en los que se encuentran los nidos (altura del árbol, área basal, altura del nido y especie).

- Conocer cuáles son las variables a nivel local (cobertura de rocas, número de árboles, árboles muertos en pie y pendiente del terreno) que se relacionan con

la presencia de nidos, comparando zonas utilizadas para anidar con zonas sin la presencia de nidos.

- Conocer cuáles son las variables a nivel de paisaje que están asociadas a la selección del sitio de anidación (densidad y cobertura de la vegetación circundante, distancia a áreas abiertas, a veredas y caminos y a fuentes de agua).

VI. Método

VI.1. Área de estudio

La Unidad de Manejo Ambiental (UMA) Rancho Santa Elena (Figura 5), está ubicada en el municipio de Huasca de Ocampo, en el estado de Hidalgo, entre los $20^{\circ} 06' 07''$ y $20^{\circ} 09' 50''$ N; $98^{\circ} 30' 04''$ y $98^{\circ} 32' 06''$ O; con altitudes que van de 2400 a 2900 m. Este sitio se ubica en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico (Sierra de las Navajas) y comprende 1064 ha. El clima es subhúmedo templado con inviernos fríos. La temperatura media anual oscila entre los 12°C y los 18°C y la precipitación promedio anual es de 256.7 mm (Pavón y Meza Sánchez, 2009).



Figura 5. Ubicación del la Unidad de Manejo Ambiental Rancho Santa Elena en el Municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México.

El sistema hidrológico dentro de la UMA corresponde a la subcuenca del río Metztlán que desemboca en la cuenca del río Moctezuma perteneciente a la región del Pánuco el cual vierte sus aguas en el Golfo de México. Uno de los principales afluentes de este sistema es el río Hueyapan que abastece a la presa San Carlos, principal cuerpo de agua dentro de Rancho Santa Elena. Esta presa cubre una superficie aproximada de 12 hectáreas y vierte sus aguas al arroyo Las Ánimas. Existen otros dos cuerpos de agua menores, Agua Azul y las Vigas, abastecidos por el manantial las Vigas (COEDE, 1999). El tipo de vegetación principal corresponde a bosque de pino-encino. Las especies de árboles dominantes son *Pinus patula*, *P. teocote*, *Quercus crassifolia* y *Q. laurina*.

Los mamíferos que se han registrado incluyen: armadillo (*Dasypus novemcinctus*), conejo (*Sylvilagus floridianus*), ratón meteorito (*Microtus mexicanus*), ratón (*Peromyscus maniculatus*), ardilla (*Sciurus oculatus*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), comadreja (*Mustela frenata*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), mapache (*Procyon lotor*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Coronel, 2004).

A la fecha se han registrado 71 especies de aves pero aún se espera registrar un mayor número de ellas. Es notable la presencia de especies endémicas a México, típicas de bosques templados, que ponen en evidencia el buen estado de conservación de estos bosques, en particular las especies *Catharus occidentalis*, *Ridgwayia pinicola*, *Geothlypis nelsoni* y *Ergaticus ruber* (Martínez, 2008).

VI.2. Trabajo de campo y análisis de datos

Durante los meses de abril a octubre de 2009 se realizaron búsquedas de nidos de ardilla voladora (“búsquedas dirigidas”) en posibles zonas de anidación, es decir en cañadas húmedas cubiertas con bosque de encino, con pendiente pronunciada y una alta cobertura de dosel según lo reportado en Ceballos y Miranda (1985). Se ubicaron los árboles que presentaron nidos y se identificó la especie de árbol en donde éstos se encontraron. Los nidos se georreferenciaron

con un GPS (Garmin modelo GPS map 60CSx). A los árboles se les midió la altura (con un distanciómetro láser OPTI-LOGIC modelo 600XL) y DAP (diámetro a la altura del pecho) con cinta métrica (únicamente para árboles con DAP mayor a 10 cm). Con el DAP posteriormente se calculó el área basal (área de la circunferencia de cada árbol tomada a la altura del pecho) utilizando la fórmula πr^2 .

Se obtuvo información de los nidos (número total y altura) y se buscó la presencia de heces (Figura 6) o de bellotas (Figura 7) en la base de los árboles para confirmar la presencia de *G. volans*. Las ardillas voladoras abren las nueces o bellotas de una manera particular ya que roen un círculo pequeño (Figura 7), y a diferencia de otras ardillas, no las rompen en pedazos ni les hacen grandes agujeros (Sollberger, 1940). Otro rastro que indicaba la presencia de *G. volans* corresponde a la presencia de *Juniperus flaccida* (Figura 8). Aunque no se cuantificó, esta especie se encontraba frecuentemente con la corteza roída dentro de los cuadros con nidos y las ardillas lo utilizan como material de construcción dentro de los nidos. La corteza de este árbol, como la de otros miembros de la familia Cupressaceae, tiene ácidos esenciales que pueden conferir propiedades antimicrobiales (Tsiri *et al.*, 2009).



Figura 6. Heces de *Glaucomys volans* en la base de un árbol con la presencia de nido.



Figura 7. Bellotas roídas por *Glaucomys volans*.



Figura 8. *Juniperus flaccida* con corteza roída.

Posteriormente se realizó un muestreo por cuadros en diferentes áreas del Rancho Santa Elena para encontrar otras zonas que pudieran presentar nidos, y posteriormente comparar las características del hábitat entre los cuadros con

nidos y los cuadros sin nidos, con el objeto de analizar si existen variables del hábitat que influyen en la selección del sitio de anidación.

El muestreo por cuadros se realizó de la siguiente manera: se trazó una cuadrícula sobre un área de 750 m por 1050 m (123.75 hectáreas) obteniéndose 55 cuadros de 150 x 150 m. Esta cuadrícula incluía las zonas de anidación previamente registradas en las búsquedas dirigidas, quedando los nidos localizados con anterioridad dentro de ocho de los cuadros (Figura 9). Posteriormente se eligieron al azar ocho cuadros adicionales. Para verificar que no se trataba de zonas de anidación no detectadas previamente, se recorrieron los ocho nuevos cuadros buscando la presencia de nidos con binoculares y otro tipo de rastros (bellotas mordidas, heces o árboles con la corteza roída) que indicaran la presencia de ardillas. Los ocho cuadros localizados previamente donde se encontraron nidos fueron revisados de igual forma.

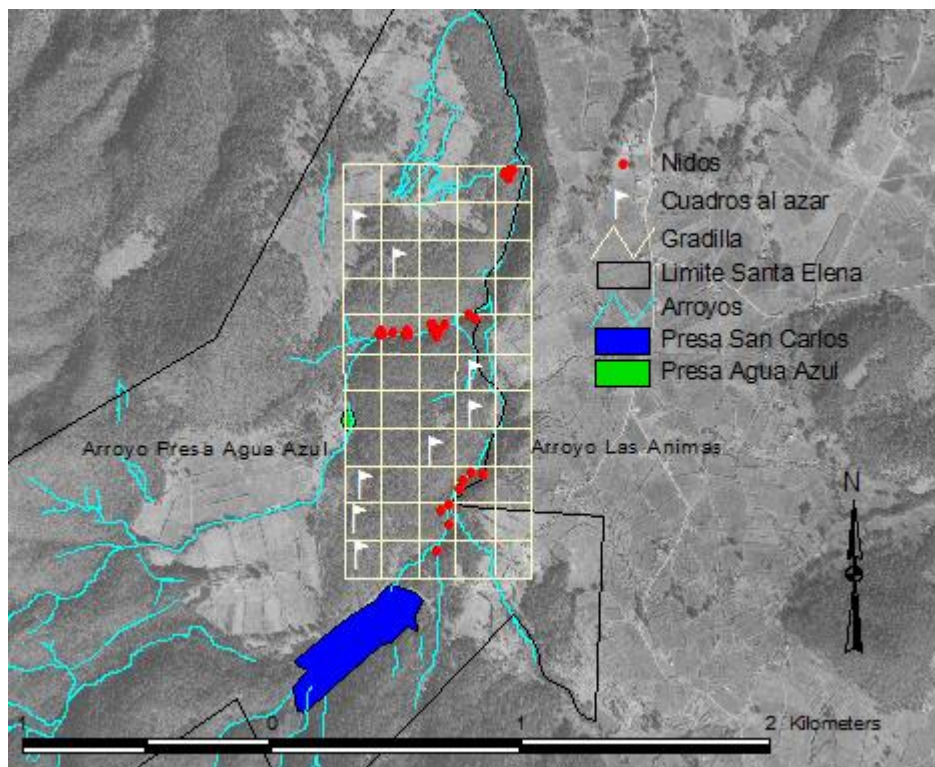


Figura 9. Ubicación de las zonas de anidación de *Glaucomys volans* y los 55 cuadros de 150 x 150 m. Se consideraron 8 cuadros con nidos encontrados en las “búsquedas dirigidas” y 8 cuadros sin nidos elegidos al azar, y se estudiaron las características del hábitat.

Para conocer cuáles variables del hábitat son importantes para la elección del sitio de anidación, se realizaron muestreos en cada uno de los 16 cuadros de la siguiente manera. Se delimitó un círculo de 20 m de radio en el centro de cada uno de los cuadros y se contaron e identificaron todos los árboles dentro del círculo. Se midió también su altura con un distanciómetro láser y DAP con cinta métrica (para árboles con DAP mayor a 10 cm) y se calculó posteriormente el área basal. Para la identificación de los árboles en general se utilizaron claves (Campos, 1993; Villavicencio y Pérez, 1995; Villavicencio *et al.*, 2002; Arizaga *et al.*, 2009), y en el caso de los encinos se colectaron especímenes y se enviaron a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y a la Universidad Nacional Autónoma de México para su identificación. Debido a la gran variedad de encinos y a la dificultad para su identificación se separaron en dos grupos claramente distinguibles con base en la forma de la hoja: 1) encinos de hoja delgada (hojas más largas que anchas) de forma elíptica a lanceolada con o sin tomento (que comprende *Quercus laurina* y *Q. crassipes* principalmente), y 2) encinos de hoja ancha (hojas igual o más anchas que largas) de forma elíptica, lanceolada u ovada con o sin tomento (principalmente *Q. crassifolia* y *Q. laeta*). En cada cuadro se midió también la pendiente del terreno (con un clinómetro SUUNTO modelo Tandem 360PC/360R) y se obtuvo el porcentaje de cobertura de rocas y número de árboles muertos en pie.

Para las variables a nivel del paisaje se utilizó un sistema de información geográfica (ArcView ver. 3.2, ortofotografías digitales 1:20,000) para medir las distancias (m) más cercanas del centro de cada cuadro muestreado a las siguientes estructuras: construcción, camino, cuerpo de agua, zona abierta, zona forestal bajo manejo, zona forestal de conservación y plantación. Para cada uno de los nidos se tomaron las mismas medidas y adicionalmente la distancia al nido más cercano. Se digitalizaron para cada cuadro las áreas con los diferentes tipos de cobertura de acuerdo con la zonificación del Programa de Manejo Forestal Avanzado (Iturbe, 2008) autorizado por SEMARNAT para Rancho Santa Elena (zona abierta: donde no existe cobertura arbórea; zona forestal bajo manejo: áreas que están recibiendo o han recibido aprovechamiento forestal, zona forestal de

conservación: con vegetación original que no ha sido alterada, plantaciones: zonas donde después de un cambio de uso de suelo se plantan especies de árboles nativos y zona de bosque fuera de la UMA: zonas boscosas fuera de los límites de Rancho Santa Elena). De acuerdo con el mismo Programa se trazaron las líneas de arroyo y las líneas de borde, es decir, los límites entre cualquiera de los tipos de cobertura definidos anteriormente.

Utilizando ArcView se obtuvo el área que ocupaba cada tipo de cobertura (zona abierta, zona forestal bajo manejo, zona forestal de conservación y plantación) y se calculó el porcentaje de cobertura por cuadrante. Para las líneas de arroyo y de borde se obtuvo la longitud total en metros por cuadrante.

Los datos para las variables del hábitat entre las zonas con y sin nidos se compararon utilizando las pruebas de t y U de Mann-Whitney.

VII. Resultados

VII.1. Descripción, distribución y densidad de nidos

Se localizaron un total de 31 nidos, todos externos, construidos con pequeñas ramas, musgo, líquenes y hojas apelmazadas de árboles caducifolios sobre las ramas de los árboles (Figura 10).

Los nidos se encontraron en dos cañadas principales. La que corresponde al arroyo Las Ánimas, que comienza en la compuerta de la Presa San Carlos y corre en dirección norte. La segunda cañada comienza en la Presa El Agua Azul y corre en dirección este, uniéndose con la primera cañada mencionada (Figura 9).

En general, la densidad de nidos en el área estudiada (123.75 hectáreas), fue de 0.25 nidos por hectárea. Para los ocho cuadros donde se encontraron nidos, la densidad promedio de nidos fue de 1.55 nidos por hectárea con un intervalo de 0.4 a 2.8 nidos por ha.



Figura 10. Nidos externos de *Glaucomys volans*.

VII.2. Especies de árboles utilizadas

El 93.6% de los nidos (29 nidos) fueron encontrados en *Quercus laurina* y el 6.4% restante (2 nidos) fueron encontrados en *Alnus jorullensis*. En promedio el diámetro a la altura del pecho de los árboles utilizados por las ardillas para la construcción de nidos fue de 33.29 ± 15.42 cm (intervalo: 13 - 69 cm), el área basal de 1050.19 ± 972.35 cm² (intervalo: 140 – 3782 cm²) y la altura de los árboles de 16.23 ± 6.02 m (intervalo: 6 - 27 m). Los nidos se encontraron a una altura promedio de 14.35 ± 5.33 m (intervalo: 6 - 27 m) (Tabla I).

Tabla I. Características de los árboles donde se encontraron nidos externos de ardilla voladora (*G. volans*).

Especie	n	DAP (cm)	Área Basal (cm ²)	Altura del nido (m)	Altura del árbol (m)
<i>Quercus laurina</i>	29	32.69 ± 15.26 (13 - 69)	1014.76 ± 958.80 (140 - 3782)	13.76 ± 4.97 (6 - 27)	15.66 ± 5.80 (6 - 27)
<i>Alnus jorullensis</i>	2	41.86 ± 21.83 (26 - 57)	1563.26 ± 1435.49 (548 - 2578)	23.00 ± 0.00 (23 - 23)	24.50 ± 0.71 (24 - 25)
<i>Q. laurina y A. jorullensis</i>	31	33.29 ± 15.42 (13 - 69)	1050.19 ± 972.35 (140 - 3782)	14.35 ± 5.33 (6 - 27)	16.23 ± 6.02 (6 - 27)

VII.3. Variables a nivel local

Se encontró que las zonas con nidos presentaron en promedio una mayor cobertura de rocas, mayor número de árboles muertos en pie y mayor pendiente del terreno que las zonas sin nidos, mientras que no se encontraron diferencias significativas en el número de árboles (Tabla II).

Tabla II. Comparación de las zonas con nidos y sin nidos de ardilla voladora *Glaucomys volans* para las variables a nivel local.

Variable	Cuadros sin nidos (N=8) <i>media</i> ± E.S.	Cuadros con nidos (N=8) <i>media</i> ± E.S.	Valor estadístico	Grados de libertad	P
Cobertura de rocas (%)	0.0563 ± 0.0485	0.275 ± 0.0818	U= 51.0		0.037*
Número de árboles	45.875 ± 4.185	55.375 ± 5.130	t= 1.435	14	0.173
Número de árboles muertos en pie	0.125 ± 0.125	1.750 ± 0.491	U= 9.5		0.011*
Pendiente (grados)	9.375 ± 3.122	29.250 ± 2.520	t= 4.95	14	0.001*

Se encontró que en los cuadros sin nidos el género dominante fue *Pinus* (42%) cuyo principal representante fue *P. teocote*, con algunos ejemplares de *P. patula*. El género más abundante en los cuadros con nidos fue *Quercus* de hoja delgada (47%), que comprende *Q. laurina* y *Q. crassipes* principalmente (Figura 11).

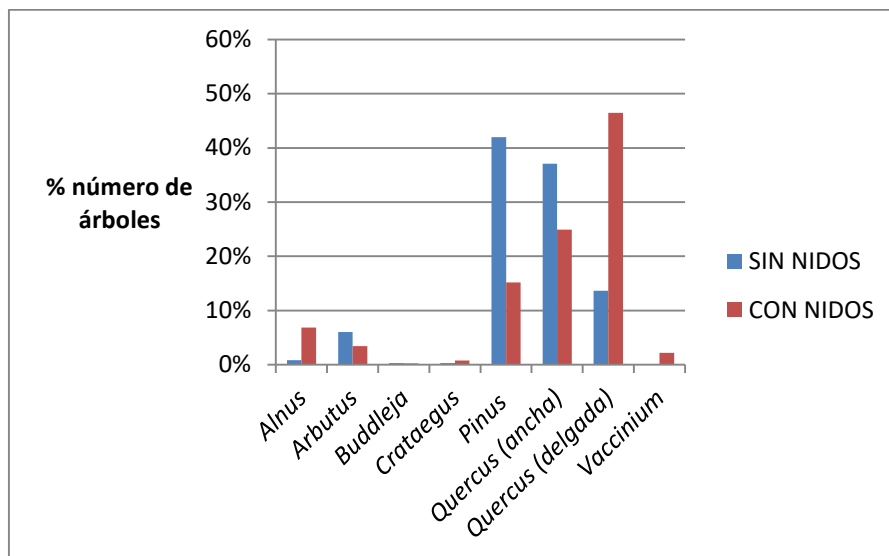


Figura 11. Comparación del porcentaje de los géneros de árboles en los cuadros donde se observó la presencia de nidos y los cuadros sin nidos.

Para el porcentaje de área basal los cuadros sin nidos tuvieron como género dominante a *Pinus* (45%) y el género con mayor porcentaje de en los cuadros con nidos fue *Quercus* de hoja delgada (54%) (Figura 12).

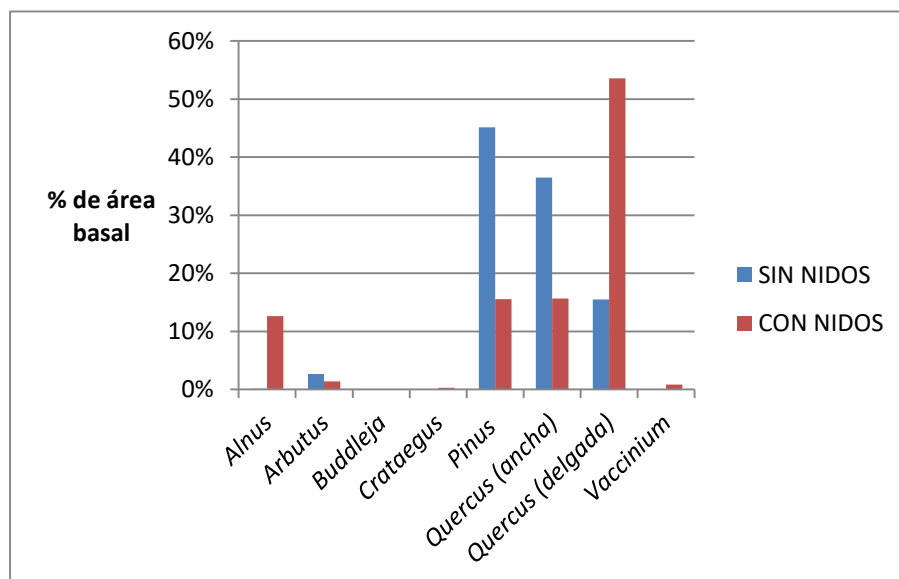


Figura 12. Porcentaje de área basal por género de árbol en los cuadros donde se observó la presencia de nidos y los cuadros sin nidos.

VII.4. Variables a nivel de paisaje

Se encontraron diferencias significativas entre las zonas con y sin nidos para la distancia a los arroyos, a las zonas de manejo y a las zonas de conservación (Tabla III). En general, los cuadros con nidos estuvieron cerca de arroyos, dentro de, o cercanos a las zonas forestales de conservación, mientras que se encontraron lejos de las zonas forestales bajo manejo.

Tabla III. Comparación de los cuadros con nidos y sin nidos para las siguientes variables a nivel de paisaje.

Variable	Cuadros sin nidos (N=8) <i>media</i> ± E.S.	Cuadros con nidos (N=8) <i>media</i> ± E.S.	Valor estadístico	Grados de libertad	P
Distancia a la construcción más cercana	469.75 ± 56.94	366.88 ± 73.02	t= 1.111	14	0.285
Distancia al camino más cercano	34.75 ± 8.86	63.00 ± 20.91	t= 1.244	14	0.234
Distancia al cuerpo de agua más cercano	449.00 ± 77.15	441.38 ± 73.26	t= 0.0717	14	0.944
Distancia el arroyo más cercano	151.38 ± 24.93	23.00 ± 5.35	U= 57.5		0.009*
Distancia a la zona abierta más cercana	107.13 ± 26.54	133.38 ± 23.30	t= 0.743	14	0.47
Distancia a la zona forestal bajo manejo más cercana	11.25 ± 8.28	69.38 ± 28.139	U= 12.0		0.033*
Distancia a la zona forestal de conservación más cercana	139.88 ± 47.67	1.13 ± 0.79	U= 54.0		0.016*
Distancia a la plantación más cercana	339.25 ± 84.50	262.12 ± 48.66	U= 38.0		0.574

Se observó que en promedio los nidos se encontraron a menos de 90 metros de: otros nidos, de los caminos, arroyos y zonas forestales bajo manejo y dentro de las zonas forestales de conservación. A su vez se encontraron a más de 90 m de las construcciones, de los cuerpos de agua, de las zonas abiertas y de las plantaciones (Tabla IV).

Tabla IV. Distancias en metros de cada nido a las variables a nivel de paisaje. El intervalo se muestra entre paréntesis. Se indican con color gris las distancias mayores a 90 metros en base a los desplazamientos máximos reportados por Dolan y Carter, 1977 y Ceballos y Miranda, 1985.

Variable	Nidos (N=31) media ± E.S.
Distancia al nido más cercano	25.48 ± 4.22 (1 a 117)
Distancia a la construcción más cercana	336.87 ± 26.92 (118 a 631)
Distancia al camino más cercano	64.03 ± 8.86 (0 a 176)
Distancia al cuerpo de agua más cercano	515.32 ± 34.29 (0 a 834)
Distancia al arroyo más cercano	19.07 ± 2.91 (1 a 57)
Distancia a la zona abierta más cercana	152.7 ± 11.01 (68 a 229)
Distancia a la zona forestal bajo manejo más cercana	45.26 ± 9.18 (0 a 210)
Distancia a la zona forestal de conservación más cercana	0.58 ± 0.43 (0 a 12)
Distancia a la plantación más cercana	283.97 ± 18.34 (61 a 422)

Se observó una mayor cobertura de zona forestal de conservación, así como una mayor longitud de los arroyos, en los cuadros con nidos. La mayor cobertura de zona bajo manejo se observó en los cuadros sin nidos (Figura 13).

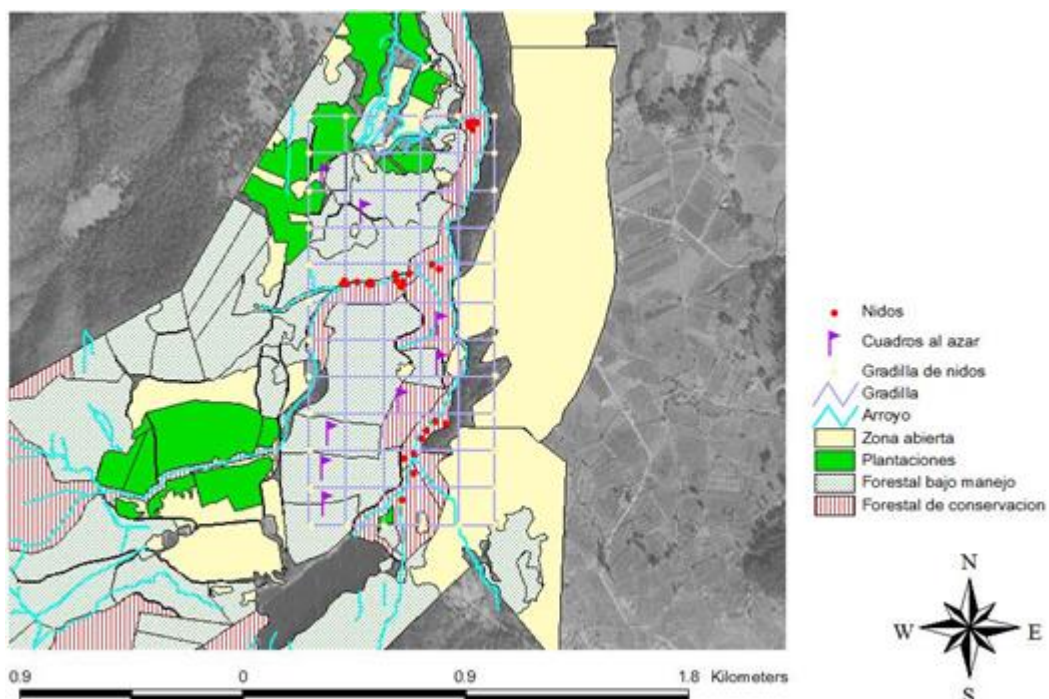


Figura 13. Coberturas de uso de suelo en la Unidad de Manejo Ambiental Rancho Santa Elena. El mapa se elaboró utilizando ArcView (ver. 3.2, ortofotografías digitales 1:20,000).

Se encontraron diferencias significativas entre los cuadros con y sin nidos para el porcentaje de cobertura de zona forestal de conservación y zona forestal bajo manejo, y para la longitud de los arroyos (Tabla V).

Tabla V. Coberturas (%) de uso de suelo, longitudes en metros de borde y de arroyos (m) para los cuadros con y sin nidos de ardilla voladora en la Unidad de Manejo Ambiental Rancho Santa Elena.

Variable	Cuadros sin nidos (N=8) <i>media</i> ± E.S.	Cuadros con nidos (N=8) <i>media</i> ± E.S.	Valor estadístico	Grados de libertad	P
Zona forestal de conservación	23.39 ± 12.75	63.11 ± 8.05	U=51.5		0.038*
Zona forestal bajo manejo	65.98 ± 13.62	25.62 ± 9.26	t=2.45	14	0.028*
Plantación	4.44 ± 4.44	1.22 ± 1.22	U=31.5		0.960
Área abierta	6.25 ± 3.15	1.92 ± 1.26	U=21.0		0.279
Longitud de borde	160.75 ± 58.69	227.50 ± 27.81	U=0.40		0.442
Longitud de arroyos	45.38 ± 43.69	220.63 ± 27.40	U=56		0.01*

VIII. Discusión

Se encontró que los cuadros con nidos estaban visiblemente agregados en las zonas forestales de conservación y fuera de las zonas forestales bajo manejo. Esto coincide con lo reportado por otros autores, los cuales concluyen que las ardillas voladoras requieren de bosques maduros con un número reducido de áreas abiertas, en donde los árboles caducifolios de gran altura produzcan suficientes bellotas y tengan espacio bajo el dosel que permita a las ardillas planear (Mönkkönen *et al.*, 1997; Reunanen *et al.*, 2000; Hurme *et al.*, 2007). En el Rancho Santa Elena las zonas forestales de conservación presentan las características de bosque maduro que requieren las ardillas voladoras. Los 31 nidos de *G. volans* encontrados se localizaron agrupados en dos cañadas principales siguiendo el curso de los arroyos. Al parecer en el Rancho Santa Elena, la disponibilidad de cavidades naturales o huecos de pájaros carpinteros en los árboles no fue limitante para la elección del sitio de anidación, ya que todos los nidos encontrados fueron externos, construidos sobre las ramas, y no se registró ningún nido en cavidades naturales o en nidos de pájaro carpintero, a pesar de que sí existen cavidades en el área de estudio.

La mayoría de los nidos se encontraron en *Quercus laurina* coincidiendo con lo reportado por Manzano (1993). En el presente estudio la altura de los árboles seleccionados por las ardillas fue aproximadamente de dos a cinco metros menor que los promedios, pero dentro de los intervalos reportados por Bendel y Gates (1987) y por Manzano (1993). El DAP fue de 17 a 38 centímetros menor, pero también dentro de los intervalos reportados por los autores anteriores. Aun cuando en las zonas forestales de conservación existen árboles con mayor altura y DAP, las ardillas eligieron árboles más pequeños, posiblemente porque se trató de nidos externos.

A nivel local, las zonas con nidos presentaron en promedio una mayor cobertura de rocas, mayor número de árboles muertos en pie y mayor pendiente del terreno que las zonas sin nidos. Es posible que una mayor cobertura de rocas proporcione a las ardillas lugares para almacenar alimento, ya que debajo de las

rocas se encontraron numerosas bellotas roídas. También las rocas podrían ser usadas como refugio y rutas de escape como lo reportó Muul (1968).

La presencia de nidos en lugares con pendiente pronunciada del terreno corresponde a las cañadas en cuyo fondo se encuentran arroyos. La disponibilidad de agua ha sido considerada como necesaria en el hábitat ocupado por *G. volans* (Muul, 1968). En este trabajo, todos los nidos se encontraron a menos de 60 m de un arroyo (19 m en promedio), lo que coincide con lo reportado por Muul (1968) quien encontró que todos los nidos registrados se encontraban a menos de 100 m de algún depósito de agua.

Por otro lado, los nidos no se encontraron cercanos a grandes cuerpos de agua como la Presa San Carlos o Agua Azul, por lo que puede suponerse que la disponibilidad de agua en las corrientes superficiales es suficiente para satisfacer las necesidades de las ardillas. En los cuadros con nidos también se registró un mayor número de árboles muertos en pie y esto coincide con que los nidos se encontraron dentro de zonas de conservación donde no extraen estos árboles, ya que no se realiza ningún tipo de manejo forestal. Los árboles muertos en pie son un sitio potencial para la construcción de nidos dentro de cavidades, aunque en este trabajo no se observaron este tipo de nidos.

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en el número de árboles entre los cuadros con y sin nidos, la composición de géneros fue diferente. En los cuadros sin nidos el género dominante fue *Pinus* (42%) y en los cuadros con nidos los árboles dominantes fueron *Quercus* (47%) de hoja delgada, comprendiendo *Q. laurina* principalmente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Manzano (1993) quien encontró que *Pinus* (44%) dominó en los sitios sin nidos y *Quercus laurina* (84%) en los que presentaban nidos.

Aun cuando algunos nidos se encontraron relativamente cercanos a construcciones y caminos, todos los nidos se ubicaron dentro de las zonas de conservación y fuera de las zonas bajo manejo forestal, de las plantaciones y de las zonas abiertas. En general, la perturbación humana que pudieran experimentar

las ardillas en zonas cercanas a caminos y construcciones dentro del Rancho Santa Elena es muy reducida, ya que el tráfico de vehículos y la presencia de personas están limitados a unos cuantos visitantes principalmente durante los fines de semana. En este lugar se realizan actividades de ecoturismo con un promedio de 500 visitantes al año.

En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas en la longitud de los bordes entre los diferentes tipos de coberturas, en las zonas con y sin nidos. En general se sabe que las respuestas de los animales a los bordes son diversas y dependen de la escala espacial y del contraste entre ambos tipos de hábitat (Desrochers *et al.*, 2003). Reunanen *et al.* (2004) y Wheatley *et al.* (2005) reconocen que también es importante considerar las condiciones microclimáticas y edáficas, la disponibilidad de alimento, la complejidad de la vegetación debajo del dosel, además de considerar las características del paisaje.

Con base en los resultados de este trabajo se puede afirmar que es importante proteger los sitios con cobertura boscosa, sin perturbación y con la presencia de arroyos superficiales, y que este tipo de hábitat presente conectividad. Se ha reportado anteriormente que las poblaciones de *G. volans* se encuentran principalmente en franjas de amortiguamiento de bosque de pino-encino sin aprovechamiento que se mantienen a lo largo de los arroyos (Taulman *et al.*, 1998).

El hecho de que sólo se encontraran nidos dentro de las zonas no manejadas podría explicar su limitada distribución y las dificultades que se presentan para lograr su conservación en nuestro país en donde la fragmentación de los bosques aumenta cada día. A pesar de que en otros países las ardillas voladoras se han convertido en especies focales para el manejo y la conservación, en México la falta de conocimiento sobre su distribución y biología, junto con la degradación del hábitat, ponen en peligro a *G. volans*. Para asegurar la presencia de ardillas voladoras es importante manejar los bosques con una perspectiva de paisaje preservando áreas de bosque sin perturbar dentro de las zonas

aprovechadas, con interconexión a través de corredores de hábitat forestal protegido y cerca de arroyos.

IX. Conclusiones

- Los nidos de las ardillas voladoras se localizaron agrupados en dos cañadas principales. La densidad de nidos en el área estudiada (123.75 hectáreas) fue de 0.25 nidos por hectárea.
- Se encontraron 31 nidos, todos externos (sobre las ramas), y únicamente en dos especies de árboles: 93.6% de los nidos en *Quercus laurina* y 6.4% en *Alnus jorullensis*.
- Los árboles utilizados por las ardillas para la construcción de nidos fueron gruesos (DAP promedio de 33.29 cm) y altos (altura promedio de 16.23 m). Los nidos se encontraron a una altura promedio de 14.35 m.
- Las zonas con nidos presentaron en promedio una mayor cobertura de rocas, mayor número de árboles muertos en pie y mayor pendiente del terreno que las zonas sin nidos, mientras que no se encontraron diferencias significativas en el número de árboles entre ambas zonas.
- En las zonas sin nidos el género de árbol dominante fue *Pinus* (principalmente *P. teocote*). El género de árbol más abundante en las zonas con nidos fue *Quercus* de hoja delgada, que comprende *Q. laurina* y *Q. crassipes* principalmente.
- Los nidos estuvieron cerca de arroyos y dentro de las zonas forestales de conservación mientras que se encontraron lejos de las zonas forestales bajo manejo.
- Se observó un mayor porcentaje de cobertura de zona forestal de conservación y una mayor longitud de los arroyos en los cuadros con nidos. El mayor porcentaje de cobertura de zona bajo manejo se encontró en los cuadros sin nidos. No hubo

diferencias significativas en cuanto a lo longitud de los bordes entre los tipos de cobertura.

- Es probable que la presencia de las ardillas esté relacionada con otras variables como la disponibilidad de alimento y otros componentes de la estructura forestal que no fueron cuantificados en este estudio, por lo que, para tomar decisiones adecuadas para la conservación de las ardillas voladoras son necesarios estudios posteriores.

X. Bibliografía

- Arizaga, S., J. Martínez-Cruz, M. Salcedo-Cabrales y M.A. Bello-González. 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología, México. 148 pp.
- Barrett, G.W., S. Shivers, K. Meek y M. Shuman. 2009. Home-range size of the southern flying squirrel (*Glaucomys volans*) in a forested riparian peninsula. *Georgia Journal of Science* 67(2):19-24.
- Bendel, P.R y J.E. Gates. 1987. Home range and microhabitat partitioning of the southern flying squirrel (*Glaucomys volans*). *Journal of Mammalogy* 68:243-255.
- Campos, J.L. 1993. Claves para la determinación de los pinos mexicanos. Apoyos Académicos 22. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 70 pp.
- Castillo, L., S. Gaona y J. García-Chávez. 1997. La ardilla voladora *Glaucomys volans goldmani* (Nelson, 1904) en Puebla, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:119-121.
- Ceballos, G. y C. Galindo. 1983. *Glaucomys volans goldmani* (Rodentia: Sciuridae) in central Mexico. *The Southwestern Naturalist* 28: 375-376.
- Ceballos, G. y P. Manzano. 2005. Ardilla voladora. Pp. 531-533 en: Los mamíferos silvestres de México. (G. Ceballos y O. Gisselle, coords.). FCE, CONABIO, México. 986 pp.
- Ceballos, G. y A. Miranda. 1985. Notes on the biology of Mexican flying squirrels (*Glaucomys volans*) (Rodentia: Sciuridae). *The Southwestern Naturalist* 30:449-450.
- COEDE, 1999. Ordenamiento ecológico territorial de Huasca de Ocampo. Gobierno del estado de Hidalgo, México. 71 pp.
- Coronel, H. 2004. Inventario de la mastofauna terrestre: el caso del Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Desrochers, A., K.I. Hanski y V. Selonen. 2003. Siberian flying squirrel responses to high- and low- contrast forest edges. *Landscape Ecology* 18:543-552.
- Diersing, V. E. 1980. Systematics of flying squirrels, *Glaucomys volans* (Linnaeus), from México, Guatemala, and Honduras. *The Southwestern Naturalist* 25:157-172.

- Dolan, P.G. y D.C. Carter. 1977. *Glaucomys volans*. Mammalian species, American Society of Mammalogists. Mammalian Species Series 78:1-6.
- Gilmore, R.M. y J.E. Gates. 1985. Habitat use by the southern flying squirrel at a hemlock-northern hardwood ecotone. *Journal of Wildlife Management* 49:703-710.
- Harlow R.F. y A.T. Doyle. 1990. Food habits of southern flying squirrels (*Glaucomys volans*) collected from red-cockaded woodpecker (*Picoides borealis*) colonies in South Carolina. *American Midland Naturalist* 124:187-191.
- Hurme, E., P. Reunanen, M. Mönkkönen, A. Nikula, V. Nivala y J. Oksanen. 2007. Local habitat patch pattern of the Siberian flying squirrel in a managed boreal forest landscape. *Ecography* 30:227-287.
- Iturbe, J.C. 2008. Programa de Manejo Forestal Avanzado. C.P. Rancho Santa Elena, Municipio de Huasca de Ocampo, Estado de Hidalgo, México. 70 pp.
- Keefe, E.M. y W.M. Giuliano. 2004. Effects of forestal structure on the distribution of southern flying squirrels (*Glaucomys volans*) in urban parks. *Urban Ecosystems* 7:55-64.
- Kerhoulas, J. N. 2008. Molecular systematics and biogeography of Mesoamerican flying squirrels. Tesis de Maestría. Humboldt State University. 41 pp.
- Linzey, A.V. y G. Hammerson. 2008a. *Glaucomys sabrinus*. En: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2010.1. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 1 de mayo del 2010.
- Linzey, A.V. y G. Hammerson. 2008b. *Glaucomys volans*. En: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2010.1. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 1 de mayo del 2010.
- Linzey, A.V. y G. Hammerson. 2008c. *Pteromys volans*. En: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2010.1. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 1 de mayo del 2010.
- Manzano, P. 1993. Distribución geográfica y selección de hábitat de la ardilla voladora (*Glaucomys volans*) en México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, México. 59 pp.
- Martínez, M.A. 2008. Listado preliminar de la avifauna del Rancho Santa Elena. CIPAMEX. Sociedad para el estudio y conservación de las aves en México, A.C. Pachuca, Hidalgo.

- Mönkkönen, M., P. Reunanen, A. Nikula, J. Inkeröinen y J. Forsman. 1997. Landscape characteristics associated with the occurrence of the flying squirrel *Pteromys volans* in old-growth forests of northern Finland. *Ecography* 20:634-642.
- Muul, I. 1968. Behavioral and physiological influences on the distribution of the flying squirrel, *Glaucomys volans*. Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan. 66 pp.
- Muul, I. 1974. Geographic variation in the nesting habits of *Glaucomys volans*. *Journal of Mammalogy* 55:840-844.
- Pavón, N. P. y M. Meza Sánchez. 2009. Cambio climático en el estado de Hidalgo: clasificación y tendencias climáticas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.
- Reunanen, P., M. Mönkkönen y A. Nikula. 2000. Managing boreal forest landscapes for flying squirrels. *Conservation Biology* 14:218-226.
- Reunanen, P., A. Nikula y M. Mönkkönen. 2002. Regional landscape patterns and distribution of the Siberian flying squirrel *Pteromys volans* in northern Finland. *Wildlife Biology* 8:267-278.
- Reunanen, P., M. Mönkkönen, A. Nikula, E. Hurme y V. Nivala. 2004. Assessing landscape thresholds for the Siberian flying squirrel. *Ecological Bulletins* 51:277-286.
- Ritchie, L.E., M.G. Betts, G. Forbes y K. Verenes. 2004. Effects of landscape composition and configuration on northern flying squirrels in a forest mosaic. *Forest Ecology and Management* 257:1920-1929.
- Sánchez - Cordero, V. 2003. *Glaucomys volans*. Estado actual del conocimiento biológico de algunas especies de roedores de las familias Muridae, Geomyidae, Heteromyidae y Sciuridae (Rodentia: Mammalia) incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W036. México. D.F.
- Selonen, V., I.K. Hanski y A. Desrochers. 2007. Natal habitat-biased dispersal in the Siberian flying squirrel. *Proceedings of the Royal Society B* 274:2063-2068.
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, que establece especificaciones para su protección. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo del 2002.

- Sollberger, D.E. 1940. Notes on the life history of the small eastern flying squirrel. *Journal of Mammalogy* 21:282-393.
- Taulman, J.F., K.G. Smith y R.E. Thill. 1998. Demographic and behavioral responses of southern flying squirrels to experimental logging in Arkansas. *Ecological Applications* 8:1144-1155.
- Taulman, J.F. y K.G. Smith. 2004. Home range and habitat selection of southern flying squirrels in fragmented forests. *Journal of Mammalogy* 69:11-27.
- Tsiri D., K. Graikou, L. Poblócka-Olech L, M. Krauze-Baranowska, C. Spyropoulos e I. Chinou. 2009. Chemosystematic value of the essential oil composition of *Thuja* species cultivated in Poland-antimicrobial activity. *Molecules* 14(11):4707-15.
- Villavicencio, M.A. y B.E. Pérez. 1995. Plantas útiles del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 128 pp.
- Villavicencio, M.A., B.E. Pérez y A. Ramírez. 2002. Plantas útiles del Estado de Hidalgo II. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 247 pp.
- Weigl, P.D. 2007. Northern flying squirrel (*Glaucomys volans*): a conservation challenge. *Journal of Mammalogy* 88(4):897-907.
- Wheatley, M., J.T. Fisher y K.A. Larsen. 2005. Using GIS to relate small mammal abundance and landscape structure at multiple spatial extents: the northern flying squirrel in Alberta, Canada. *Journal of Applied Ecology* 42:577-586.