



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PATRONES DE DEPREDACIÓN DE NIDOS ARTIFICIALES EN UNA RESERVA
ECOLÓGICA INMERSA EN LA ZONA URBANA DE PACHUCA, HIDALGO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA PRESENTA:

ADRIANA VANESSA TIRADO AVILES

DIRECTOR DE TESIS: DRA. IRIANA L. ZURIA JORDAN

ÍNDICE

Resumen	5
1. Introducción	7
2. Antecedentes	9
2.1. Urbanización y perturbación	9
2.2. Depredación de nidos en zonas urbanas	11
2.3. Utilidad de los nidos artificiales	15
3. Objetivos	17
4. Materiales y Métodos	18
4.1. Área de estudio	18
4.1.1. Flora	20
4.1.2. Fauna	21
4.1.3. Zonificación	23
4.2. Métodos	24
4.2.1. Depredación de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos	24
4.2.1.1. Preparación del material de campo	25
4.2.1.2. Colocación de nidos artificiales	26

4.2.2. Identificación de los depredadores de nidos	28
4.2.3 Grado de perturbación y depredación	29
4.2.4. Análisis estadísticos	30
5. Resultados	31
5.1. Depredación de nidos artificiales en las diferentes zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos	31
5. 2. Identificación de los depredadores de nidos y depredación por tipo de depredador	38
5. 2. 1. Depredación por mamíferos	40
5.2.1.1. Depredación por roedores	40
5.2.1.2. Depredación por carnívoros	42
5.2.1.3. Depredación por humanos	47
5. 2. 2. Depredación por aves	47
5. 3. Grado de perturbación	49
6. Discusión	51
6.1. Depredación de nidos artificiales en el Parque Ecológico Cubitos y perturbación	51
6.2. Tipos de depredadores	54

7. Conclusiones	57
8. Literatura citada	58

RESUMEN

La depredación de nidos es la causa principal del fracaso reproductivo de muchas aves, sin embargo, se conoce muy poco acerca de los patrones y procesos de depredación de nidos en ambientes modificados por el hombre. En este trabajo se estudiaron los patrones de depredación de nidos artificiales en las diferentes zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos, una isla de vegetación inmersa en la zona urbana de la ciudad de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma. El parque cuenta con una superficie total de 92 ha, presenta un alto grado de perturbación en sus alrededores y se encuentra dividido en dos principales zonas de manejo: la zona de uso intensivo que incluye un arboretum, una ciclopista, un jardín botánico y una zona de reforestación, y la zona no manejada o de uso restringido. En cada área de manejo se marcaron trayectos de 200 m. en cada uno de los cuales se colocaron 10 nidos artificiales que contenían un huevo de codorniz (*Coturnix japonica*) y uno de plastilina no tóxica, la cual sirvió para registrar el tipo de depredador responsable utilizando las marcas o huellas dejadas en la plastilina. Los nidos fueron recogidos después de siete días y los huevos de plastilina encontrados con marcas fueron trasladados al laboratorio para poder identificar a los depredadores potenciales, los cuales se clasificaron en ave, carnívoro, roedor y desconocido. Adicionalmente se colocaron cámaras fotográficas automáticas con sensor de movimiento, con el fin de registrar a los posibles depredadores en las distintas zonas del parque. Se obtuvo también una medida del grado de perturbación en las diferentes zonas de manejo, para lo cual se realizaron conteos del número de peatones a diferentes horas del día.

El estudio se realizó en los años 2005 y 2006, en los meses correspondientes a la temporada de anidación de las aves residentes. Se calculó el porcentaje de depredación para cada trayecto, y el porcentaje de depredación para cada uno de los tipos de depredador encontrados. En general, el porcentaje de depredación total en el Parque Ecológico Cubitos fue del 33% de los nidos artificiales colocados durante el trabajo. Se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de depredación entre las diferentes zonas de manejo del parque. La zona de reforestación presentó el mayor porcentaje de depredación (69%) y fue significativamente mayor que la depredación encontrada en todas las demás zonas de manejo. La zona de reforestación fue una de las que presentó una mayor perturbación probablemente al tránsito de peatones. Las diferencias entre los porcentajes de depredación para las diferentes zonas de manejo del parque no fueron consistentes entre los meses, por lo que los estudios de depredación de nidos deben considerar repetir el experimento en distintas épocas del año. Los depredadores dominantes fueron diferentes para cada zona de manejo del parque. Además, la presencia de tipos de depredador cambió con el tiempo. En general, los principales depredadores de nidos en todos los meses fueron las aves, seguidas por los carnívoros.

1. INTRODUCCIÓN

Existen diversos factores que reducen el éxito reproductivo de las aves, entre ellos la escasez y la competencia por alimento o sitios de anidación (Martin, 1987), sin embargo, la depredación de nidos es la causa principal del fracaso reproductivo para un gran número de especies de aves (Ricklefs, 1969; Wilcove, 1985; Zanette, 2001). La depredación es probablemente el factor limitante más importante para muchas poblaciones de aves ya que, además de reducir el éxito reproductivo, afecta negativamente la densidad y la estructura de las poblaciones (Jokimäki y Huhta, 2000; Chace y Walsh, 2006).

Se ha demostrado que la depredación a la que se enfrentan diversas poblaciones de aves ha cambiado con el tiempo (Wilcove 1985; Jokimäki y Huhta 2000; Zanette 2002). Por ejemplo, algunos estudios han encontrado que, entre los principales factores asociados con un incremento en los porcentajes de depredación, se encuentran la degradación del hábitat en las áreas de reproducción, particularmente por la fragmentación de bosques (Small y Hunter, 1988), la creación de bordes forestales (Danielson et al., 1997) y principalmente la modificación acelerada del hábitat natural, como consecuencia de la urbanización (Borgmann y Rodewald, 2004).

Los altos porcentajes de depredación de nidos que se observan en zonas con un mayor grado de urbanización, especialmente parques urbanos (Chace y Walsh, 2006), se deben a que algunos depredadores silvestres son atraídos a las zonas urbanas debido a la alta disponibilidad de alimento (e.g., basura, alimento para mascotas, agua, plagas urbanas, etc.). La actividad de estos depredadores se

adiciona a la de otros depredadores ferales como perros, gatos y ratas (Wilcove, 1985).

Debido a que las zonas urbanas se incrementan a una tasa acelerada en todo el mundo, y provocan cambios drásticos en la estructura del paisaje, ha surgido interés por conocer con detalle las relaciones existentes entre la fauna silvestre y los distintos tipos de perturbación (e.g., ruido, presencia de mascotas, destrucción y saqueo de flora y fauna, contaminación, introducción de especies exóticas, etc.) que se presentan en el ambiente urbano. Por tanto, se han realizado diversos estudios que han tenido por objetivo conocer los patrones de depredación de nidos en diferentes zonas, identificar a los depredadores y promover estrategias para el manejo de las poblaciones de fauna silvestre que habitan en áreas perturbadas por el hombre (Rickelf, 1969; Wilcove D, S, 1985; Martin, T. E. 1987; Small y Hunter, 1988; Nour, et. al., 1993; Haskell, 1995; Danielson, et. al., 1997; Sloan et. al., 1998; Marini y Melo, 1998; Gering J.C y Blair R.B, 1999; Thompson, F. R., 1999; Buler y Hamilton, 2000; Zanette y Jenkins, 2000; Haskell, et. al., 2001; Miller, J. R. et. al., 2001; Thorington K. K. y Bowman R, 2003; Chace y Walsh, 2006; Cervantes-Cornihs, 2007 y Zuria, et. al., 2007). Sin embargo, todavía se conoce muy poco acerca de los patrones y procesos de depredación que acompañan a la perturbación. Por lo que, en este trabajo se analizaron los patrones de depredación de nidos artificiales en una reserva ecológica inmersa entre la zona urbana de Mineral de la Reforma y Pachuca de Soto, Hidalgo, el Parque Ecológico Cubitos, el cual presenta un alto grado de perturbación en sus alrededores, y además se encuentra dividido en diferentes zonas de manejo que presentan distintos grados de perturbación.

2. ANTECEDENTES

2.1. Urbanización y perturbación

Debido al incremento de la población humana, los paisajes naturales están siendo sustituidos por ambientes urbanos y suburbanos; este fenómeno es comúnmente conocido como “urbanización” (Gering y Blair, 1999). En general, el clima, la hidrología y el suelo son algunas características que cambian en los sistemas urbanos (Gilbert, 1989; Adams 1994, en Gering y Blair, 1999); las funciones de los ecosistemas, tales como la retención de nutrientes y la descomposición, son alteradas (McDonnell y Pickett, 1990); y los atributos del paisaje, particularmente el tamaño del área de vegetación nativa y la conectividad son reducidos (Forman y Godron 1986 en Gering y Blair, 1999). Como consecuencia de la urbanización se incrementa también la pérdida, fragmentación y perforación de los hábitats naturales, aumenta la proporción de los hábitats de borde y cambia la estructura y composición de la flora y fauna (Thorington y Bowman, 2003). Los efectos de la urbanización son generalmente irreversibles y han afectado gravemente a muchas poblaciones de flora y fauna.

En particular, la estructura y composición de las comunidades de aves cambia con el incremento de la urbanización (Gering y Blair, 1999), y las aves que pueden sobrevivir en zonas urbanas están sometidas constantemente a diferentes tipos de perturbación, como mayor contaminación ambiental, disturbio por ruido, interacción con especies domésticas o introducidas, entre otros. (Fernandez-Juricic, et al., 2001). Se han realizado algunos estudios para entender los impactos que tienen los procesos de urbanización y perturbación sobre las poblaciones y comunidades de aves (Danielson et al., 1997; Gering y Blair, 1999; Jokimäki y Huhta, 2000; Borgmann y

Rodewald, 2004; Chace y Walsh, 2006). Como resultado de los mismos se ha encontrado, por ejemplo, que existe una mayor competencia por la obtención de recursos alimenticios o de sitios de anidación para algunas especies (Haskell et al., 2001; Marzluff, 2001; Miller et al., 2001; Chace y Walsh, 2006). También se ha observado que en las zonas urbanas o perturbadas existe un mayor porcentaje de depredación, debido a la presencia de depredadores ferales como perros, gatos, ratas, entre otros (Wilcove, 1985). Sin embargo, la magnitud de los efectos de urbanización y perturbación varía según la especie de ave (Marzluff, 2001). Por ejemplo, la urbanización puede favorecer poblaciones de algunas especies de aves como el gorrión doméstico *Passer domesticus* o la paloma doméstica *Columba livia*, especies que se han vuelto tolerantes y en cierta forma dependientes de la presencia de humanos. Los factores que favorecen a estas especies de aves en áreas urbanizadas son principalmente el incremento en la complejidad de la estructura del hábitat que les ofrece sitios de cobertura o de anidación y el incremento en la disponibilidad de alimento, principalmente en los parques urbanos (Fernández-Juricic et al., 2001; Marzluff, 2001).

Las áreas verdes dentro de las zonas urbanizadas pueden funcionar como hábitat y refugio para muchas especies de fauna silvestre. Las áreas verdes más comunes dentro de las ciudades son los parques urbanos, considerados como manchones o islas de vegetación que quedan después de un proceso de urbanización acelerada y que se caracterizan por ser áreas con fines antrópicos, además de que comúnmente tienen una alta proporción de especies introducidas intencional y/o accidentalmente (McDonnell y Pickett, 1990; Fernandez-Juricic et al., 2001). Generalmente estas áreas se consideran centros de recreación, que a la vez realizan

importantes funciones ecológicas como amortiguación del calor, absorción de contaminantes o sirven de hábitat y zonas de reproducción para diversos organismos como las aves (McDonnell y Pickett, 1990). Los parques urbanos pueden servir como reservorios de algunas especies nativas, pero también presentan una alta influencia humana. Algunos estudios han demostrado que la presencia de humanos en los parques urbanos provoca disturbios como el incremento en los índices de contaminación, mayor proporción de especies introducidas, destrucción de los sitios de anidación y refugio, entre otros, que afectan negativamente a diversas poblaciones y comunidades de aves (Fernandez-Juricic et al., 2001).

2.2. Depredación de nidos en zonas urbanas

Debido a que la urbanización afecta los patrones de depredación, se han realizado estudios de depredación de nidos, principalmente utilizando nidos artificiales en zonas con diferente grado de urbanización, y por tanto de perturbación. La mayoría de estos estudios suponen que los depredadores de nidos artificiales también son los responsables del fracaso reproductivo de las aves (Roper, 1992).

Por ejemplo, Wilcove (1985) realizó un estudio en diferentes fragmentos de bosque al este de Norte América. Colocó nidos artificiales a lo largo de diferentes trayectos que representaban distintos tamaños de bosque con diferente grado de perturbación y encontró que en parches pequeños de bosque cercanos a los ambientes más urbanizados, las tasas de depredación eran más altas con respecto a los fragmentos con un mayor tamaño y lejos de los ambientes urbanos.

Danielson et al. (1997) realizaron un estudio en Massachusetts, en cuatro fragmentos de bosque en una zona urbana y cuatro fragmentos de bosque en un lugar menos urbanizado. Seleccionaron diferentes tipos de borde en donde colocaron nidos artificiales para determinar si los porcentajes de depredación de nidos diferían con la densidad de humanos. Encontraron que, en los bordes cercanos a los ambientes urbanos, los índices de depredación eran más altos con respecto a los bordes cercanos a los ambientes con un menor grado de urbanización.

Por su parte, Thorington y Bowman (2003) realizaron un estudio para conocer si la depredación de nidos artificiales cambiaba al aumentar el grado de urbanización. Ellos cuantificaron la depredación de nidos artificiales localizados en pequeños parches de vegetación natural dentro de una matriz suburbana en el centro-sur de Florida y consideraron diferentes variables como la localización del nido con respecto al borde, la altura del arbusto donde colocaron cada uno de los nidos artificiales, el desgaste que presentaba cada uno de los nidos y la densidad de las casas. Encontraron que la depredación de nidos depredados aumentaba conforme incrementaba la densidad de casas. Los autores concluyen que a mayor densidad de casas, mayor es el riesgo de depredación para las aves del lugar.

En otros estudios se han encontrado resultados diferentes. Por ejemplo, Gering y Blair (1999) investigaron la influencia de la urbanización sobre la depredación de nidos artificiales a lo largo de un gradiente urbano en seis sitios diferentes en Oxford, Inglaterra, desde un ecosistema natural a zonas con un alto grado de urbanización; los autores observaron una mayor tasa de depredación en ambientes naturales que en ambientes urbanos. Por su parte, Melampy et al. (1999) compararon las tasas de depredación en tres diferentes sitios (suburbano, semi-rural y rural) al norte de Ohio.

En su estudio no se encontraron diferencias en las tasas de depredación de nidos artificiales entre áreas suburbanas, semi-rurales y rurales.

Son muy pocos los estudios realizados en Latinoamérica sobre los efectos que tienen la perturbación y la urbanización en poblaciones y comunidades de aves. Por ejemplo, Zuria et al. (2007) utilizaron nidos artificiales para examinar las tasas de depredación en dos tipos de bordes agrícolas con respecto a la estructura de la vegetación (simple y compleja) y en un parche de vegetación nativa en el centro de México. Encontraron mayores índices de depredación en el parche de vegetación nativa y en los bordes agrícolas con estructura compleja, que en los bordes agrícolas con estructura simple. Los autores señalan que los depredadores de nidos pueden estar utilizando más frecuentemente los sitios con mayor complejidad estructural para realizar sus actividades de forrajeo, ya que estos sitios les proporcionan cobertura de otros depredadores como los humanos. Cervantes-Cornihs (2007) analizó las tasas de depredación de nidos artificiales en bordes agrícolas de un paisaje agro-urbano en el Municipio de El Arenal en el estado de Hidalgo. En su estudio, colocó nidos artificiales en 20 bordes agrícolas y consideró diferentes variables a escala local y del paisaje. A escala local no encontró ninguna relación entre la depredación total y las variables analizadas, sin embargo a escala del paisaje encontró que la depredación total aumentó en zonas cercanas a áreas cubiertas con vegetación nativa, ya que muchos depredadores pueden estar utilizando estas áreas como refugio.

También se ha analizado la composición de la comunidad de depredadores en ambientes perturbados. Por ejemplo, Wilcove (1985) y Haskell et al., (2001) sugieren que los nidos artificiales puestos sobre los árboles son más susceptibles a ser depredados, y que los mamíferos son los principales depredadores de estos nidos. En

contraste, Yahner y Scout (1988) y Yahner y Cipher (1987) encontraron que en nidos artificiales colocados sobre los árboles, las aves son los principales depredadores. Ellos sugieren que las aves depredadoras ocasionan un mayor impacto sobre las poblaciones de aves nativas en comparación con los mamíferos depredadores. En otros estudios se ha demostrado que, en general, los principales depredadores de nidos de aves son los mamíferos (Wilcove et al., 1985; Small y Hunter, 1988; Melampy et al., 1999; Zuria et al., 2007), seguidos por las aves (Yahner y Scott, 1988; Danielson et al. 1997; Thorington y Bowman, 2003; Gering y Blair, 1999; Cervantes-Cornihs, 2007).

Además de los mamíferos y las aves, existen otros depredadores de nidos como algunos reptiles, principalmente serpientes de la familia Colubridae, tales como *Pituophis deppei*, *Masticophis mentovarius*, *Trimorphodon tau*, *Elaphe obsoleta*, *Lampropeltis calligaster*, *Coluber constrictor* y *Thamnophis sp.*, entre otras (Weatherhead y Blouin-Demers, 2004). Algunas especies de serpientes suelen depredar nidos de aves, tragando los huevos sin dejar rastro del evento (Marini y Melo, 1998; Thompson et al., 1999; Thompson y Burhans, 2003; Weatherhead et al., 2004).

2.3. Utilidad de los nidos artificiales

Es difícil obtener datos sobre eventos de depredación en nidos naturales (Major y Kendal, 2000). Generalmente, los eventos de depredación ocurren rápidamente por lo que es difícil la observación directa del evento. Además, casi todas las aves colocan sus nidos de tal forma que no puedan encontrarse con facilidad, la mayoría de los depredadores tienen actividad nocturna y la presencia de un observador puede ahuyentarlos, lo que hace aún más complicada la observación directa del evento de depredación. En muchas ocasiones se ha inferido la identidad del depredador por las marcas dejadas en el nido y en sus proximidades, o por las características de los restos de los huevos, sin embargo este método puede presentar errores de interpretación o puede subestimar la importancia de depredadores que no dejen marcas conspicuas (Cueto y Mezquida, 2001). Por ejemplo, los mamíferos tienden a destruir completamente el nido o el sitio de anidación, en contraste con las aves y algunos reptiles como serpientes, los cuales no destruyen el nido y sólo toman los huevos o polluelos (Marini y Melo, 1998; Lariviere, 1999).

El uso de nidos artificiales permite realizar experimentos de depredación en situaciones controladas con relativa facilidad de manipulación (Major y Kendal, 2000). La depredación sobre nidos artificiales puede ser equiparable, en algunos casos, a la realizada sobre nidos naturales; sin embargo su uso se presta mejor para comparar porcentajes de depredación entre diferentes ambientes, y también permite la identificación del tipo de depredador. El uso de nidos artificiales ha proporcionado mucha información sobre la importancia relativa de diferentes depredadores de nidos de aves (Martin, 1987; Roper, 1992; Petrini et al., 1994; Marini y Melo, 1998; Ortega et al., 1998; Major y Kendal, 2000).

Los nidos artificiales que se utilizan comúnmente consisten en nidos hechos de paja con huevos elaborados con plastilina y huevos de codorniz (*Coturnix japonica*) (Nour et al., 1993; Ortega et al., 1998). La mayoría de los depredadores dejan la marca de mordedura en los huevos de plastilina lo que permite identificar al tipo de depredador (Zanette y Jenkins, 2000; Zanette, 2002; Zuria et al., 2007). Sin embargo, para la identificación de depredadores que no dejan marcas como las serpientes, es necesario recurrir a otros métodos como la colocación de cámaras de video o cámaras fotográficas en donde se pueda observar el evento de depredación (Marini y Melo, 1998; Thompson et. al., 1999; Thompson y Burhans, 2003; Weatherhead et al., 2004).

La utilización de nidos artificiales no pretende sustituir los estudios de depredación en nidos naturales, simplemente se utilizan para obtener información más precisa sobre los patrones de depredación, además de que pueden usarse para estudiar la influencia de variables ambientales sobre la depredación (Petrini et al., 1994; Sloan et al. 1998; Lariviere, 1999; Major y Kendal, 2000; Cueto y Mezquida, 2001).

3. OBJETIVOS

Objetivo general:

Conocer los patrones de depredación de nidos artificiales en las diferentes zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos, en Pachuca, Hidalgo, México.

Objetivos específicos:

1. Estudiar los porcentajes de depredación de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos.
2. Conocer los porcentajes de depredación en nidos artificiales colocados en suelo (entre arbustos pequeños) y en nidos elevados (entre ramas y cardones).
3. Identificar a los principales depredadores de nidos del parque.
4. Conocer si los patrones de depredación de nidos artificiales están relacionados con el grado de perturbación en las diferentes zonas de manejo del parque.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El Parque Ecológico Cubitos (Figuras 1 y 2) se localiza en la porción noreste de la cuenca del Valle de México, entre los paralelos $20^{\circ} 06'33''$ y $20^{\circ} 07' 39''$ de longitud norte y $98^{\circ} 45'00''$ y $98^{\circ} 44'60''$ de longitud oeste, y entre los 2,245 y los 2,495 msnm (COEDE 2004). Políticamente se encuentra situado entre los municipios de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma y cuenta con una superficie de 92 ha (COEDE 2004). Presenta un clima semiseco templado con verano cálido (COEDE 2004), la temperatura media anual registrada es de 15°C , con la máxima en mayo (32°C) y la mínima en enero (5°C); la precipitación media anual promedio es de 366 mm, con un promedio mensual mínimo de 6mm en diciembre y máximo de 78mm en septiembre (Fleming, 1999).

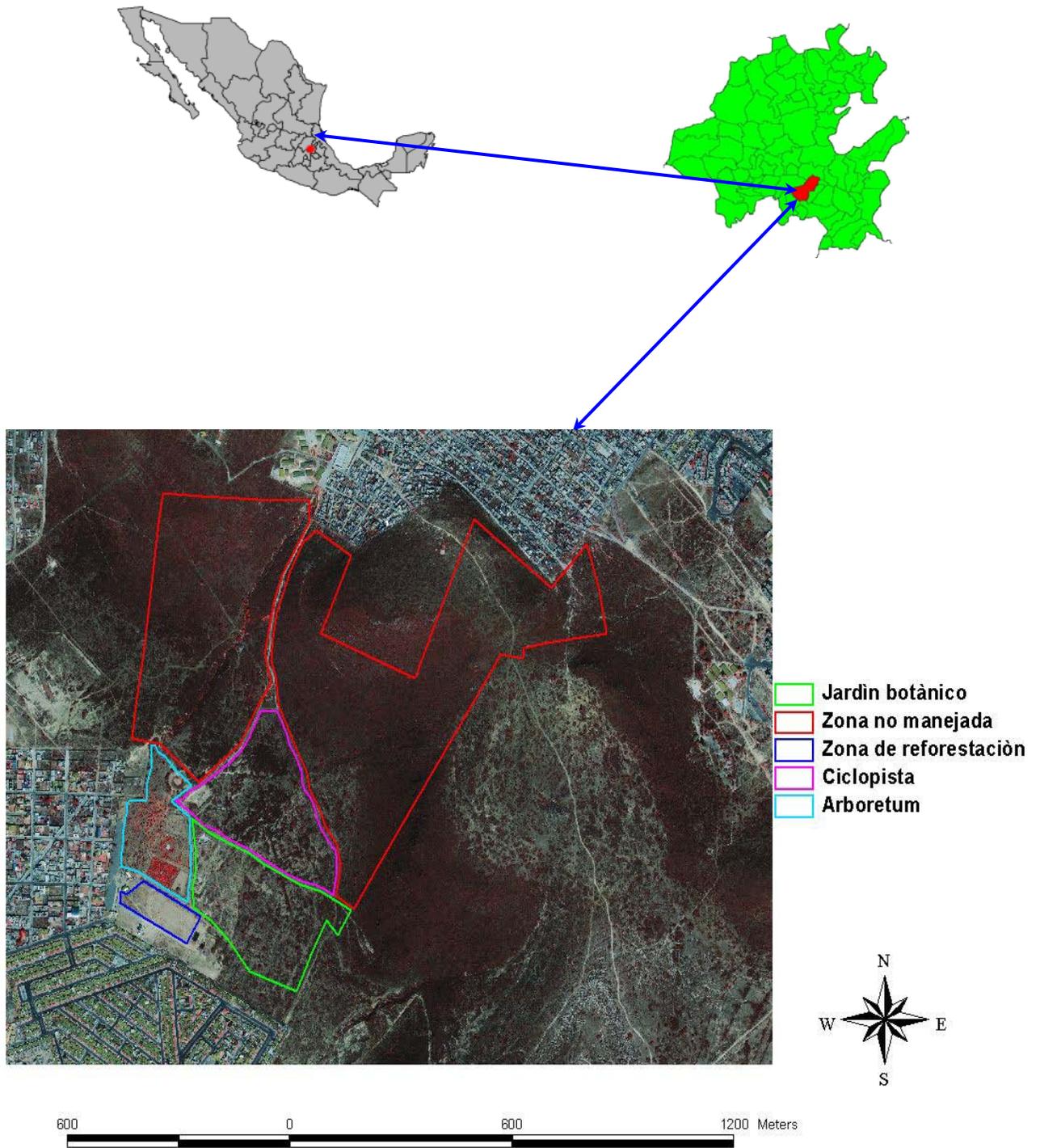


Figura 1. Ubicación del Parque Ecológico Cubitos, entre los municipios de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma.



Figura 2. El Parque Ecológico Cubitos, rodeado de la zona urbana correspondiente a la Ciudad de Pachuca Hidalgo.

4.1.1. Flora

El tipo de vegetación principal es el matorral xerófilo y según Bravo (1978), se distinguen tres tipos de matorral:

Matorral rosetófilo, que presenta especies como *Agave lechuguilla*, *Mammillaria magnimama*, *M. uncifera*, *Ferocactus latispinus*, *Echinocereus cinerascens*, *Coryphantha sp*, *Stenocactus sp*, *Senecios praecox*, *Yuca filifera* y *Opuntia streptacantha*. También se encuentran arbustos como *Dalea versicolor*, *Zaluzamia augusta*, *Baccharis conferta*, *Jatropha sp*, *Senecio praecox* y micrófitos como *Mimosa biuncifera* (COEDE 2004).

Matorral desértico micrófilo, con especies como *Mimosa biuncifera* que es la más dominante (COEDE 2004).

Matorral crasicaule, con especies como *Opuntia robusta*, *Opuntia streptacantha*, *Cylindropuntia imbricata* y *Acacia farmeciana* y en menor proporción *Ferocactus latispinus*.

Se encuentra también una zona con un arboretum o bosque en donde se pueden encontrar especies introducidas como *Pinus cembroides*, *Pinus attenuata*, *Cupressus guadalupensis*, *Cuniperus sp*, *Schinus molle* y *Ligustrum japonicum*. (COEDE 2004).

4.1.2. Fauna

Las aves son el grupo de fauna más diverso dentro del parque. Se han registrado más de 70 especies (I. Zuria, com. pers.). Entre las especies de aves residentes más comunes se encuentran *Columbina inca*, *Melanerpes aurifrons*, *Picoides scalaris*, *Pyrocephalus rubinus*, *Campylorhynchus bruneicapillus*, *Thryomanes bewickii*, *Toxostoma curvirostre*, *Lanius ludovicianus*, *Pipilo fuscus*, *Spizella atrogularis*, *Icterus parisorum*, *Icterus wagleri* y *Carpodacus mexicanus*. Las especies migratorias más comunes son: *Regulus calendula*, *Polioptila caerulea*, *Mimus polyglottos*, *Bombcilla cedrorum*, *Vermivora celata*, *Dendroica coronata*, *Spizella passerina* y *Spizella pallida* (I. Zuria, com. pers.).

Aún no se tiene un listado completo de los mamíferos presentes en este parque, pero la detección de rastros, excretas, madrigueras, y algunas observaciones

muestran que en el parque habitan pequeñas especies como: *Glossophaga soricina*, *Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris curasoae*, *Leptonycteris nivalis* y *Lasiurus cinereus* (murciélagos), *Sylvilagus auduboni* (conejo), *Spermophilus variegatus* (ardilla), *Perognatus hispidus*, *Baiomys tailory*, *Peromyscus maniculatus*, *P. difficilis* y *P. truey* (roedores), y especies de carnívoros como: *Bassariscus astutus* (cacomixtle), *Urocyon cinereoargenteus* (zorro), *Lynx rufus escuinapae* (gato silvestre) (A. Rojas, com. pers.), así como algunos carnívoros introducidos: *Canis familiaris* (perro) y *Felis catus* (gato) (COEDE 2004). Algunas de estas especies, principalmente los carnívoros, son depredadores potenciales de los nidos de aves que habitan en el parque.

En cuanto a la herpetofauna aún no se tiene un listado de las especies del parque pero se tienen algunos registros de lagartijas como *Sceloporus grammicus*, *Sceloporus spinosus*, *Phrynosoma orbiculare*, y algunas serpientes como *Conopsis lineata*, *Conopsis nasus* y *Pituophis deppei* (U. Hernández-Salinas, com. pers.) posibles depredadores de nidos de aves que habitan en el parque.

4.1.3. Zonificación

El parque se encuentra zonificado en dos áreas principales, la zona de uso intensivo y la zona no manejada (zona de uso restringido). La zona de uso intensivo a su vez se subdivide en otras zonas como se explica a continuación (ver Figura 1).

1. Zona de uso intensivo: Este sitio tiene como objetivo facilitar el desarrollo de la infraestructura para las actividades de recreación, educación ambiental y programas que armonicen con el medio ambiente. Se permite el acceso al público y en general, la vegetación dominante no es la original. Se encuentra dividida en (Figura 1):

- **Arboretum:** esta zona está compuesta principalmente por pinos y otros árboles introducidos, que se plantaron con el fin de evaluar la adaptabilidad de las especies a un clima diferente a su hábitat natural y asegurar que las reforestaciones que se hagan en la región sean las adecuadas. Esta zona contiene andadores.
- **Jardín botánico “Ollintepetl”:** esta zona contribuye a preservar el patrimonio florístico y etnobotánico local y regional, constituyéndose en un elemento determinante para la conservación y la creación de una cultura ecológica. Contiene principalmente cactáceas y suculentas provenientes de las regiones semiáridas del Valle de México, Valle del Mezquital y afluentes de los ríos Amajac, Metztitlán y Moctezuma, además del estado de Querétaro. Esta zona contiene andadores.
- **Ciclopista:** es una zona que se encuentra delimitada por una ciclopista que permite a los visitantes realizar sus actividades deportivas al aire libre. En esta

área se encuentran especies nativas del estado de Hidalgo, cactáceas y agaves principalmente.

- **Zona de reforestación:** es una zona a la entrada del parque en donde la vegetación original había sido eliminada. Actualmente se está reforestando con especies nativas.

2. Zona no manejada: también es conocida como zona de uso restringido y su principal objetivo es la conservación de especies nativas, raras o en peligro de extinción y asegurar los eventos reproductivos de la flora y fauna. Se ubica principalmente entre los cerros de Cubitos y Zopilote. En esta zona el acceso al público no está permitido y no existen andadores (COEDE 2004, ver Figura 1).

4.2. Métodos

4.2.1. Depredación de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos

El estudio se llevó a cabo durante los años de 2005 y 2006. En el año 2005 se colocaron nidos artificiales una vez al mes durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre. En el 2006 se realizó el experimento mensualmente en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, que corresponde con la temporada de anidación de las aves residentes del parque (Rendón-Hernández, 2008).

4.2.1.1. Preparación del material de campo

Los nidos artificiales utilizados consistieron en nidos de paja similares a los que usan los avicultores. Los nidos fueron teñidos con colorante para ropa de color pardo no tóxica, de un tono similar al que presentan los nidos naturales de muchas especies residentes. Una vez teñidos, se dejaron al aire libre para eliminar cualquier olor adquirido durante el proceso. En cada nido se colocó un huevo de codorniz (*Coturnix japonica*) con el fin de atraer a los depredadores y un huevo de plastilina que sirvió para identificar al tipo de depredador con base en las marcas de picos y dientes. Los huevos de plastilina no tóxica se fabricaron con dimensiones similares a los huevos de codorniz, y posteriormente fueron pintados con pintura vinílica de color pardo claro, con manchones de color pardo oscuro, tratando de imitar lo más posible a los huevos de codorniz (Figura 3).



Figura 3. Del lado izquierdo se muestra un nido de paja teñido, del lado derecho se muestran huevos de plastilina no tóxica.

4.2.1.2. Colocación de nidos artificiales

Se establecieron seis trayectos en las siguientes áreas del parque: un trayecto en el arboretum (trayecto 1), un trayecto en la zona de reforestación (trayecto 2), un trayecto en el jardín botánico (trayecto 3), un trayecto en la zona de la ciclopista (trayecto 4) y dos trayectos en la zona no manejada del parque o zona de uso restringido (trayectos 5 y 6) (Figura 4). Se procuró que cada trayecto midiera aproximadamente 200 m, y que fuera representativo de cada una de las áreas. A lo largo de cada trayecto se colocaron 10 nidos artificiales separados entre sí entre 15 y 20 m. Se colocaron alternadamente un nido sobre el suelo (entre arbustos) y otro sobre la vegetación (entre ramas de árboles, cardones y nopales). Los nidos fueron recogidos después de siete días y se registró si el nido había sido depredado o no. Posteriormente se calculó el porcentaje de depredación para cada trayecto. Se consideró como nido depredado cualquiera de los siguientes casos: que el nido hubiera desaparecido por completo, que el nido hubiera sido destruido o que hubiese aparecido en otro sitio, que uno o ambos huevos hubieran desaparecido o se encontraran fuera del nido, o que uno o ambos huevos tuvieran marcas de dientes o picos.

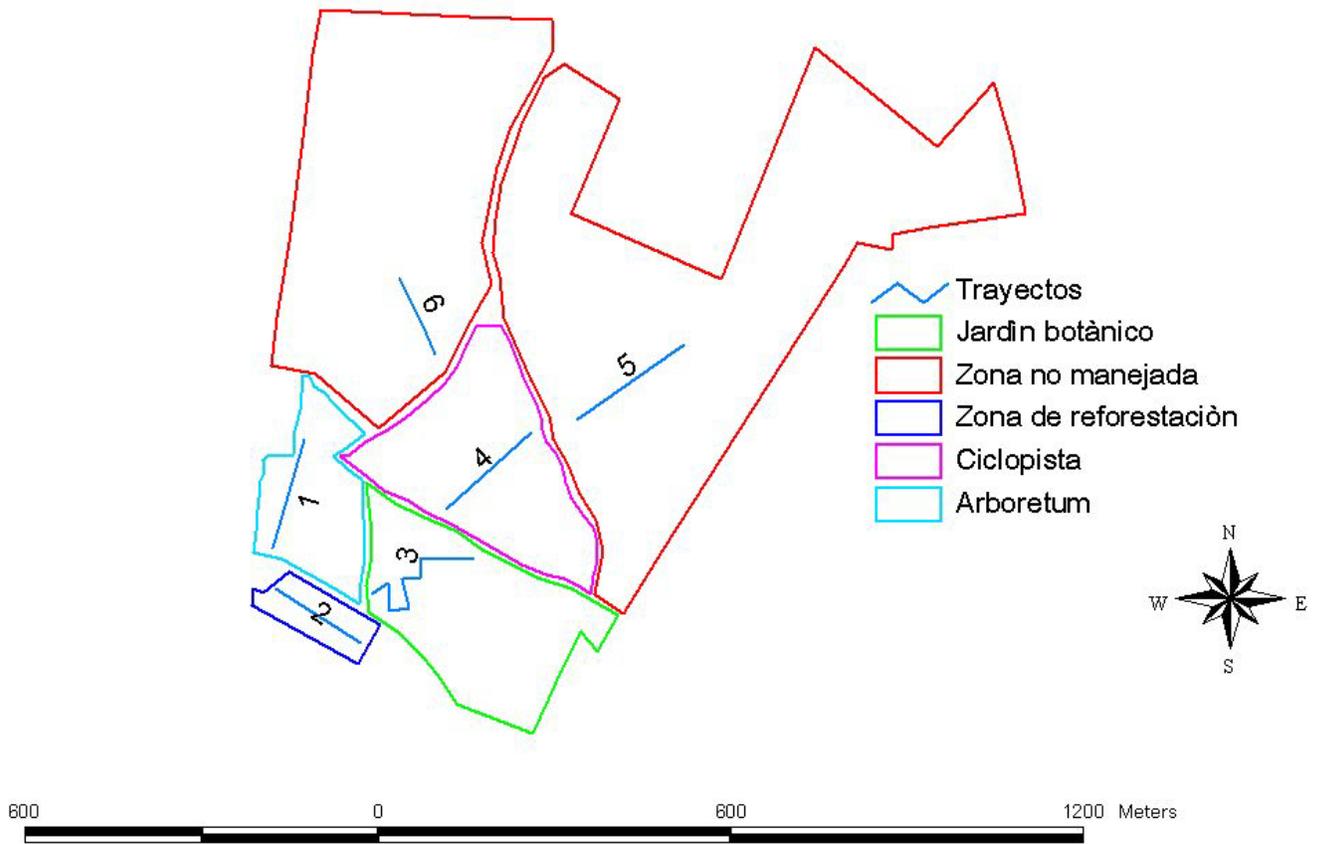


Figura 4. Trayectos colocados en cada una de las zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos.

4.2.2. Identificación de los depredadores de nidos

Los huevos de plastilina con marcas de picos o dientes fueron transportados al laboratorio para identificar al tipo de depredador. Esta metodología ha sido empleada en numerosos estudios de riesgo de depredación (e.g., Wilcove, 1985; Nour, et al, 1993; Rudnicky y Hunter, 1993; Major y Kendal, 2000; Cervantes Cornihs, 2007; Zuria et al., 2007).

Para identificar el tipo de depredador responsable se analizaron las huellas marcadas en los huevos de plastilina con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Además se realizó una visita al Centro de Convivencia Infantil ubicado en el centro de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo, en donde se ofrecieron nidos artificiales a diferentes especies de mamíferos que viven en el centro. Cuando fue posible, se hicieron observaciones sobre el evento de depredación y se colectaron los huevos de plastilina que quedaron marcados con las huellas de los dientes, sirviendo como un modelo de identificación. Adicionalmente se obtuvieron marcas de dientes de los cráneos de la colección de mamíferos del Centro de Investigaciones Biológicas que también sirvieron como modelo de identificación.

Se colocaron además, cámaras fotográficas automáticas con sensor de movimiento (Modelo Ranger 505CB, CamTrak South, Inc.) durante los meses de febrero, marzo y junio del año 2006, para poder observar a los depredadores presentes en cada zona de manejo del parque. Se colocaron 10 cámaras, una en cada una de las zonas de manejo del parque con excepción de la zona de reforestación, la zona no manejada y la ciclopista donde se colocaron dos cámaras procurando mantener una distancia considerable entre una y otra. Las cámaras se

colocaron donde hubo evidencias de depredación y donde se hallaron huellas y excretas de posibles depredadores. Únicamente con el fin de obtener evidencias de los depredadores que habitan en el parque, frente a cada una de las cámaras se colocó un nido artificial con un huevo de codorniz y uno de plastilina no tóxica, así como un pedazo de sardina y avena con crema de cacahuete como cebo. Las cámaras se mantuvieron activas alrededor de 12 horas desde las 18:00 hrs. hasta las 6:00 hrs. y fueron monitoreadas cada 4 horas debido a la inseguridad del lugar. Los depredadores se clasificaron de la siguiente manera: ave, carnívoro, roedor, humano y depredador desconocido (Zuria et al., 2007). En este trabajo se consideró a los humanos como depredadores, ya que se ha observado que pueden ser responsables de la pérdida o destrucción de nidos y de huevos (Zuria et al., 2007).

4.2.3. Grado de perturbación y depredación

Para conocer el grado de perturbación o disturbio en las diferentes zonas de manejo del parque, se realizaron conteos del número de peatones en cada una de las diferentes zonas de manejo del parque y a diferentes horas del día durante dos días consecutivos (11 y 12 de julio de 2006) entre semana. Para cada una de las zonas del parque se realizó el conteo durante dos horas consecutivas comenzando desde las 08:00 a.m. hrs. hasta las 18:00 p.m. hrs. ya que es el horario en el que el parque se encuentra abierto al público. Se registró el número de peatones que permanecían dentro de las diferentes zonas de manejo del parque, así como el número de peatones que pasaban por los andadores más cercanos. Adicionalmente se obtuvo información de las actividades de manejo que realizan los trabajadores del parque, el número de

trabajadores por cada zona de manejo y las actividades que realizaban cada uno, como poda de árboles, recolección de basura y plantación de árboles, entre otros.

4.2.4. Análisis estadísticos

Para cada trayecto se tomaron en cuenta los nidos que habían sido depredados y se calculó el porcentaje de depredación para cada uno de los meses. También se calculó por separado el porcentaje de depredación para los nidos elevados y los nidos colocados sobre el suelo, y el porcentaje de depredación para cada uno de los tipos de depredador en las diferentes zonas de manejo. Estos porcentajes se compararon entre sí para cada uno de los años.

Se realizaron análisis de varianza para comparar los promedios de los porcentajes de depredación total entre las diferentes zonas del parque. Los porcentajes se transformaron con el arcoseno de la raíz cuadrada del dato para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Sokal y Rohlf, 1995). En caso de encontrar diferencias en el análisis de varianza, se realizaron pruebas a posteriori (Tukey). Todos los análisis se realizaron con SAS (versión 6.2).

5. RESULTADOS

5.1. Depredación de nidos artificiales en las diferentes zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos

En total se colocaron 508 nidos entre los años 2005 y 2006, de los cuales 189 fueron depredados. No se encontraron diferencias en los porcentajes de depredación entre ambos años, en general la zona que presentó un mayor porcentaje de depredación en los dos años de estudio fue la zona de reforestación, mientras que la zona con menor porcentaje de depredación fue la zona del arboretum (Figura 5).

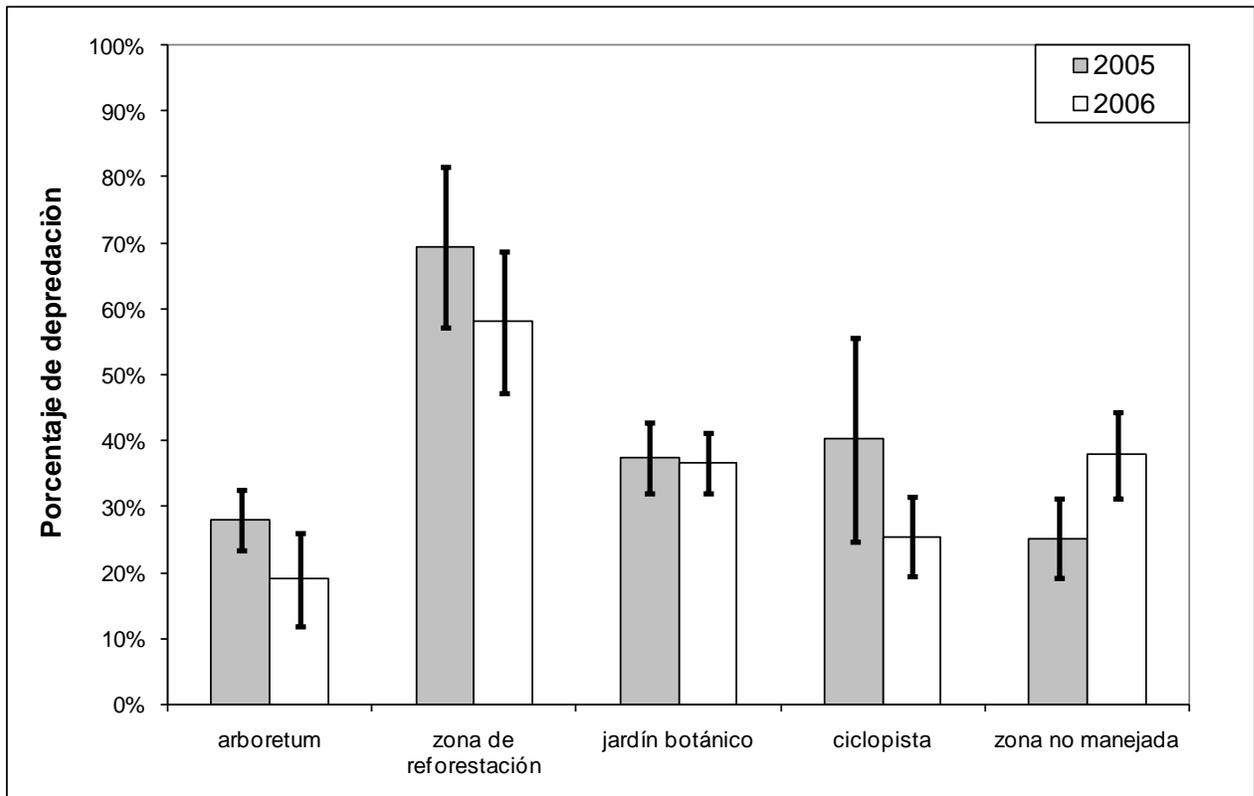


Figura 5. Comparación entre los porcentajes de depredación total de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos, en los años 2005 y 2006. Las barras representan un error estándar por arriba y por abajo de la media.

Los datos para ambos años se analizaron por separado. Para el año 2005, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre se colocaron un total de 208 nidos, 80 de los cuales fueron depredados. En general, se observaron diferencias significativas en los porcentajes de depredación en las diferentes zonas del parque ($F=3.14$, $p=0.046$). La zona de reforestación presentó el mayor porcentaje de depredación (69%) y fue significativamente mayor que la depredación encontrada en todas las demás zonas de manejo (Figura 6).

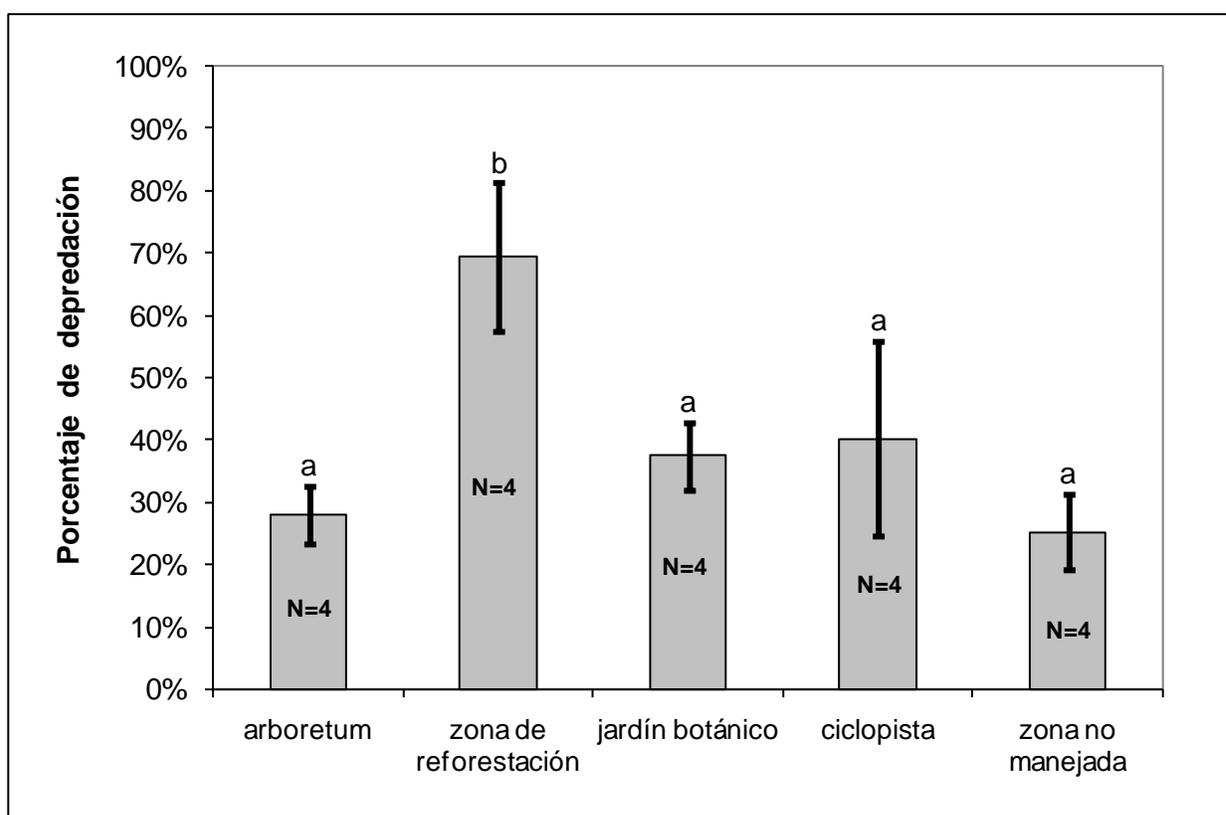


Figura 6. Promedios de los porcentajes de depredación total de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos, durante el 2005. Las barras representan un error estándar por arriba y por abajo de la media. Letras diferentes arriba de las barras indican diferencias significativas $\alpha=0.05$. La N al interior de cada barra representa el tamaño de muestra (número de trayectos).

Las diferencias no fueron consistentes entre los meses (Figura 7). Durante los meses de junio y julio se observó mayor depredación en la zona de reforestación (100%), seguida por el jardín botánico (50%). En el mes de agosto se observó una disminución general de los índices de depredación. El mayor porcentaje de depredación se observó en la zona de la ciclopista, mientras que el menor porcentaje de depredación se observó en la zona no manejada y en el arboretum.

En el mes de septiembre los índices de depredación aumentaron y se observó depredación en todas las zonas. La zona con mayor índice de depredación fue la zona de la ciclopista que presentó un 57% de depredación. El menor índice de depredación se observó en la zona del arboretum que presentó únicamente un 40% de depredación (Figura 7).

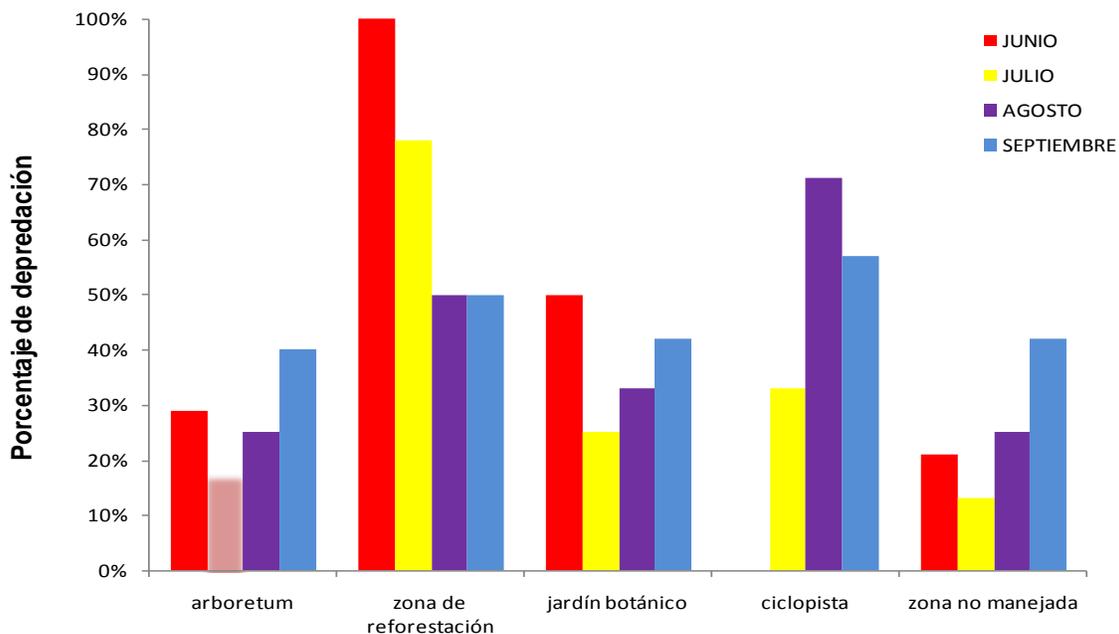


Figura 7. Porcentaje total de depredación de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del parque Ecológico Cubitos en los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2005.

Para el año 2006, durante los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, se colocaron un total de 300 nidos de los cuales 109 fueron depredados. A diferencia del 2005, en el 2006 no se encontraron diferencias significativas en los índices de depredación en las diferentes zonas de manejo del parque ($F=2.46$, $p=0.08$). Aun cuando las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se observó mayor depredación en la zona de reforestación (58%), mientras que la zona con un índice de depredación menor fue la zona del arboretum (19%) (Figura 8).

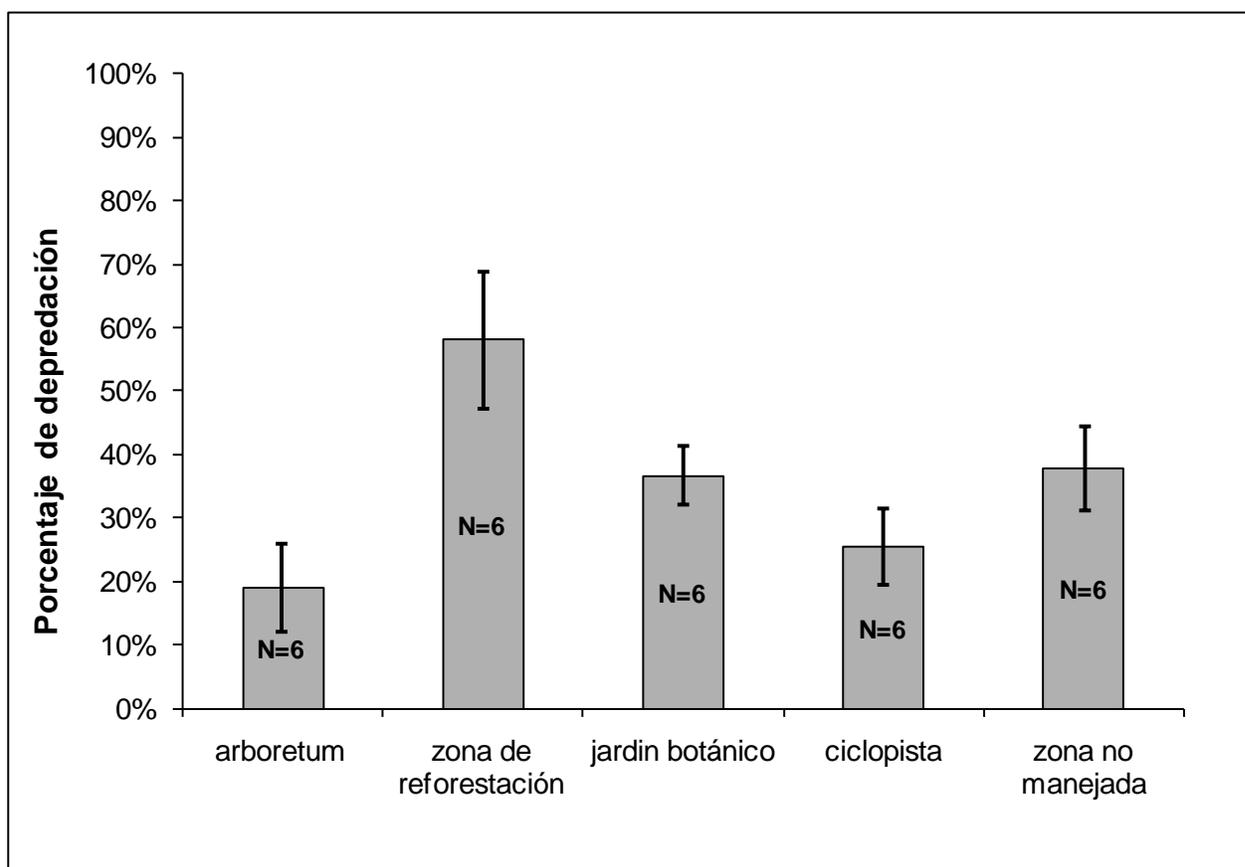


Figura 8. Promedios de los porcentajes de depredación total de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos correspondiente al año 2006. Las barras representan un error estándar por arriba y por debajo de la media. La N al interior de cada barra representa el tamaño de muestra (número de trayectos).

Las diferencias no fueron consistentes entre los meses, como se puede observar en la figura 9. Para los meses de abril y mayo la zona no manejada presentó un mayor índice de depredación (44% y 30%), para el mes de abril en la zona del arboretum no se registró ningún evento de depredación, mientras que en la zona del jardín botánico se encontró un mayor porcentaje de depredación (46%). En el mes de mayo la zona con un menor índice de depredación fue el arboretum (11%), mientras que la zona con mayor índice de depredación fue la zona no manejada (61%), al igual que para el mes de junio. En los meses de julio y agosto se observó que la zona con mayor índice de depredación fue la zona de reforestación. En el mes de julio la zona de reforestación alcanzó un 100% de depredación, y para el mes de agosto la zona de reforestación fue la que presentó un mayor porcentaje de depredación (80%). De igual manera, se observa que en estos meses la zona del arboretum mantuvo un porcentaje bajo de depredación (14%).

En el mes de septiembre se observó una disminución general en los índices de depredación. El mayor porcentaje de depredación se observó en el arboretum, que alcanzó 56% de depredación, mientras que el menor porcentaje de depredación se observó en la zona no manejada y en el jardín botánico (23%) (Figura 9).

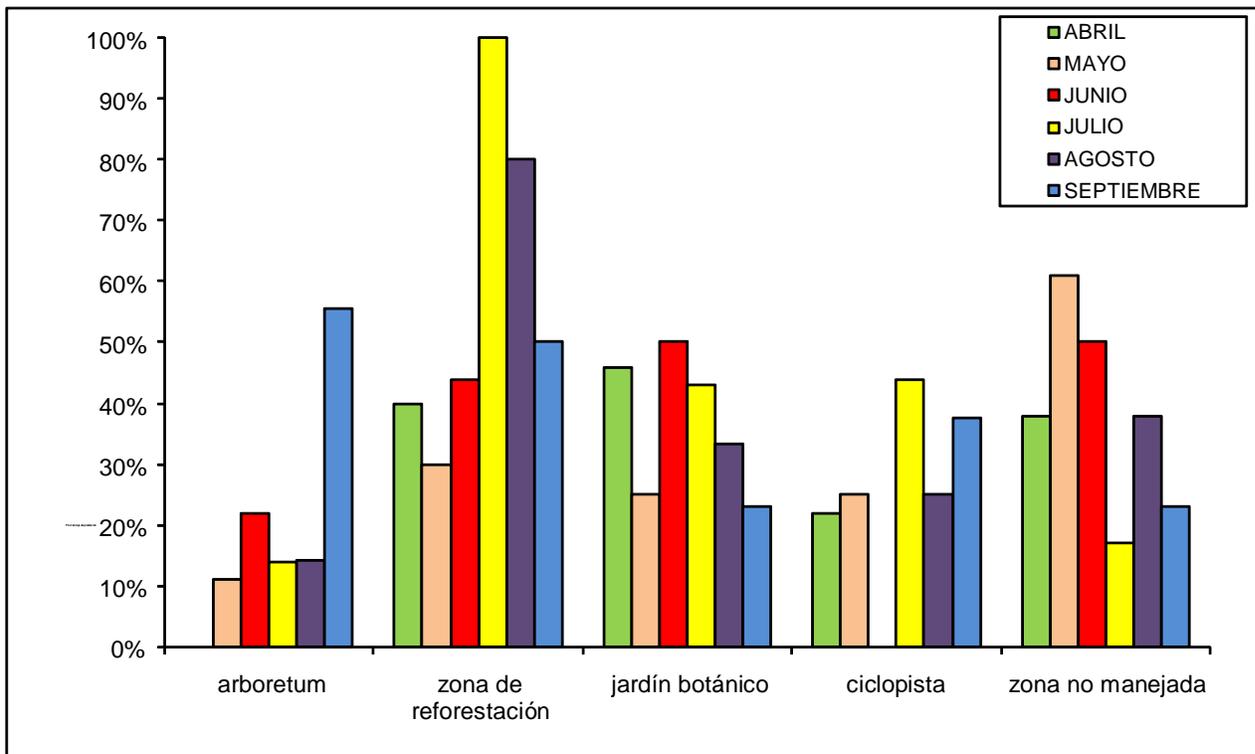


Figura 9. Porcentaje total de depredación de nidos artificiales en las distintas zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre del año 2006.

Al comparar el porcentaje de depredación de nidos artificiales colocados en suelo (entre arbustos) y elevados (entre ramas de árboles, cardones y nopales), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los dos años de muestreo (Figuras 10 y 11).

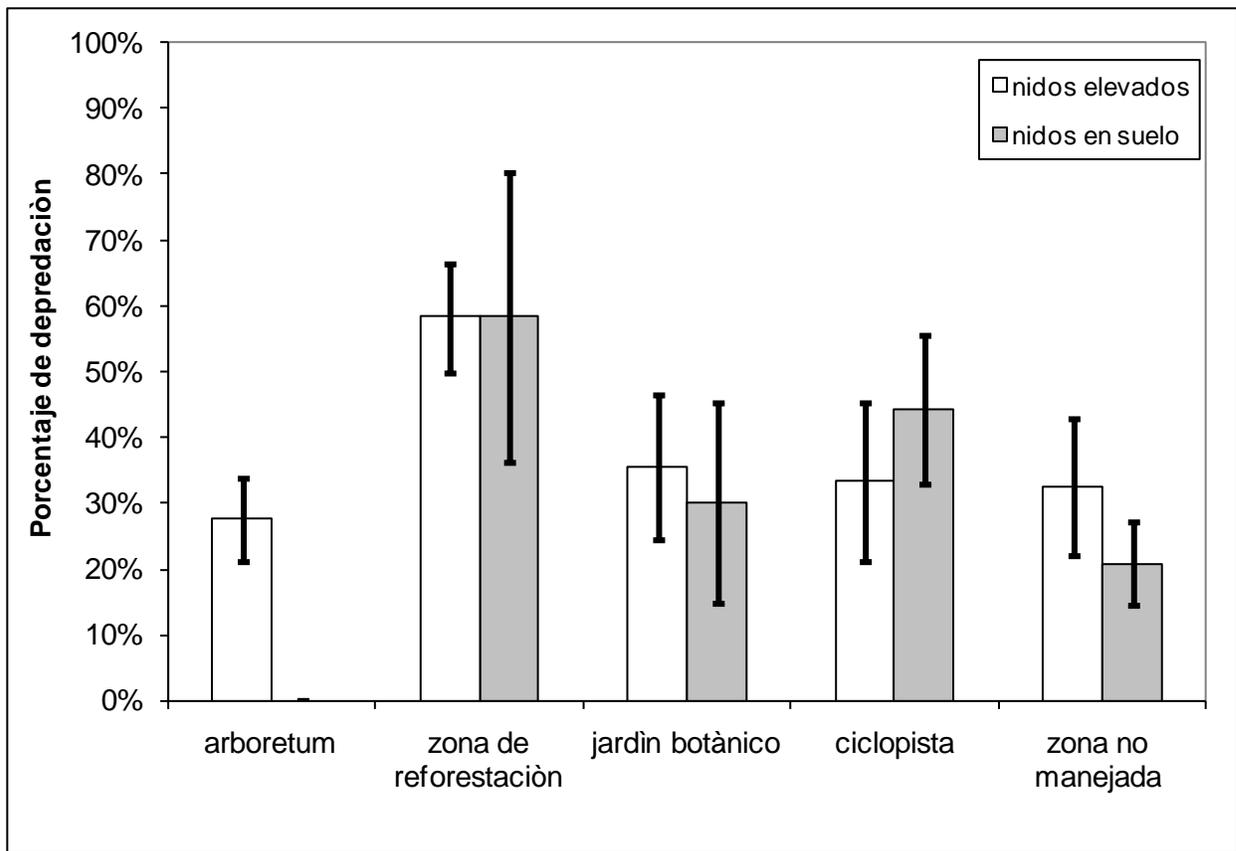


Figura 10. Promedios de los porcentajes de depredación total de nidos artificiales colocados en suelo y elevados en el Parque Ecológico Cubitos en el 2005. Las barras representan un error estándar por arriba y por debajo de la media.

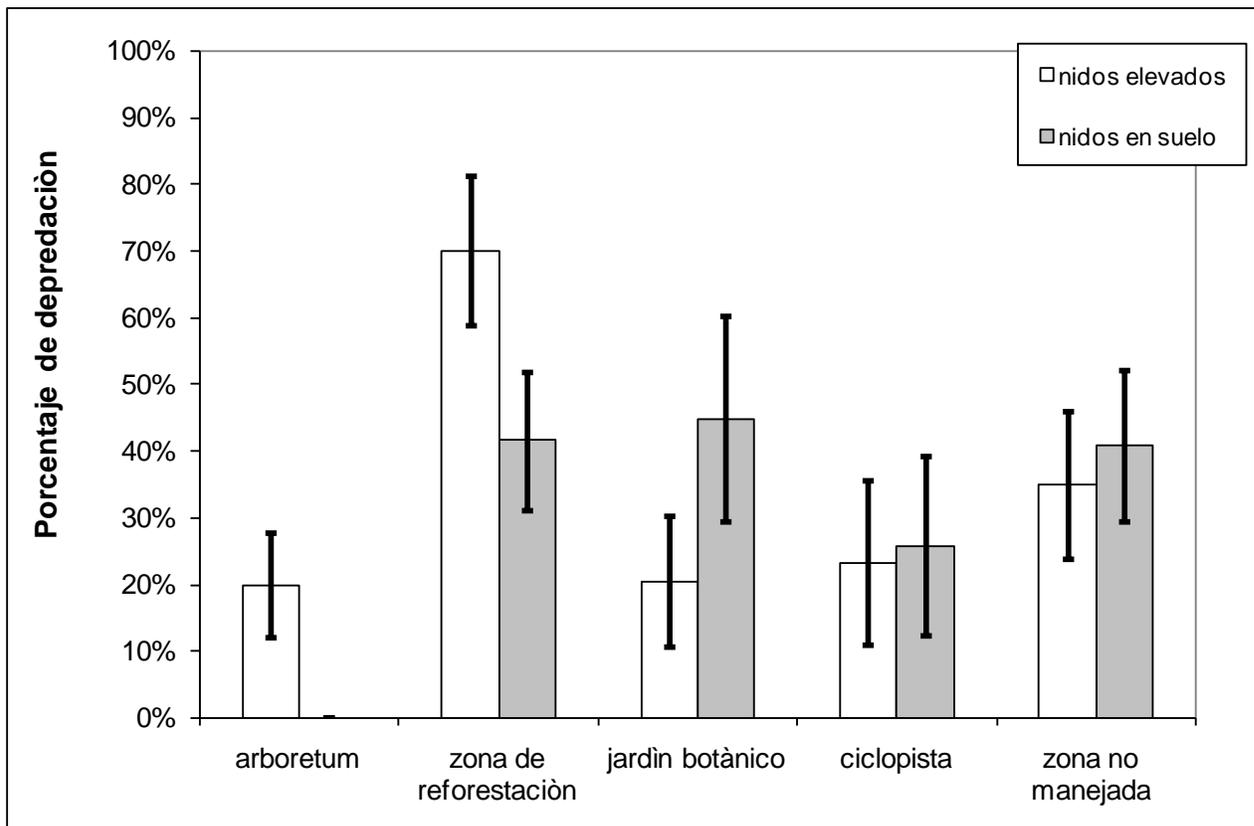


Figura 11. Promedios de los porcentajes de depredación total de nidos artificiales colocados en suelo y elevados en el Parque Ecológico Cubitos en el 2006. Las barras representan un error estándar por arriba y por debajo de la media.

5.2. Identificación de los depredadores de nidos y depredación por tipo de depredador.

Para los años de 2005 y 2006 se encontró que los depredadores dominantes fueron diferentes para cada zona de manejo del parque. Además, la presencia de los distintos tipos de depredador cambió con el tiempo. En general, los principales depredadores de nidos en todos los meses fueron las aves, seguidas por los carnívoros.

En el 2005, las aves fueron los principales depredadores ya que se registró un alto porcentaje de depredación y se presentaron en todas las zonas (Figura 12).

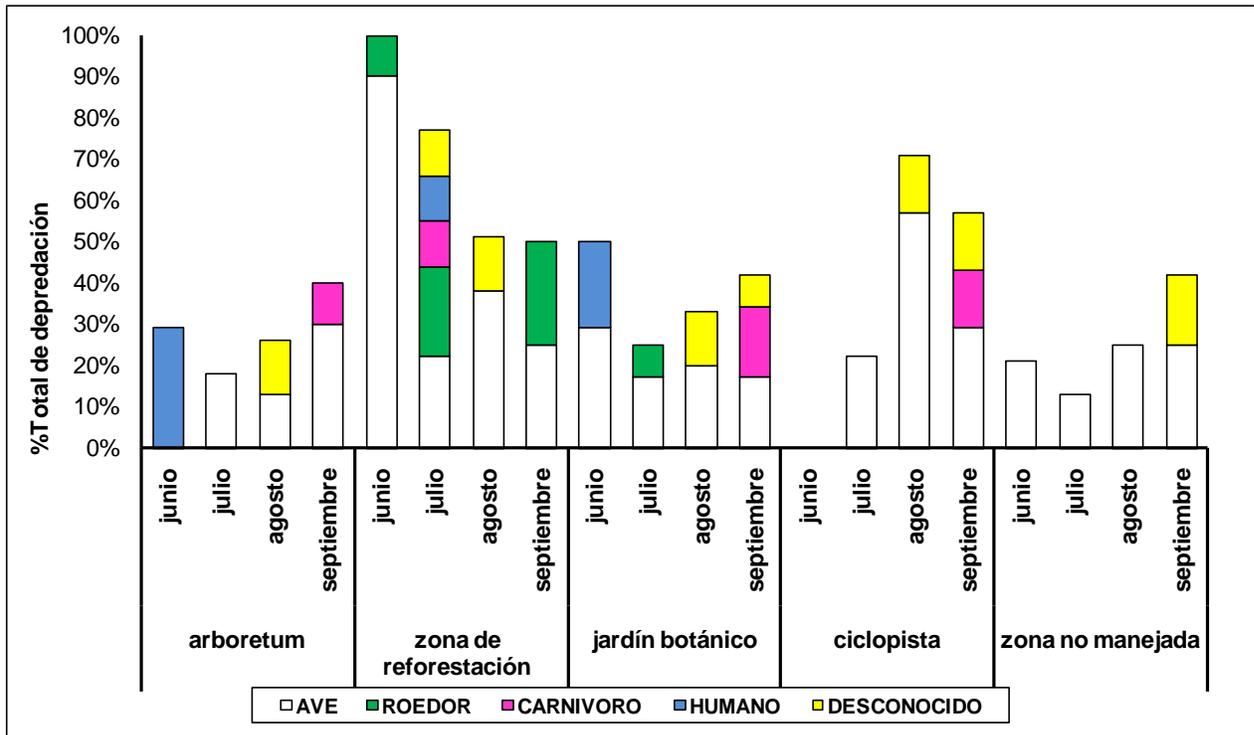


Figura 12. Porcentajes de depredación por tipo de depredador para cada zona de manejo del Parque Ecológico Cubitos en el año 2005.

En el 2006, nuevamente los principales depredadores fueron las aves, seguidas por los carnívoros. En el mes de agosto no se registró ningún evento de depredación por ave, y en un porcentaje considerable no pudo determinarse el tipo de depredador (Figura 13).

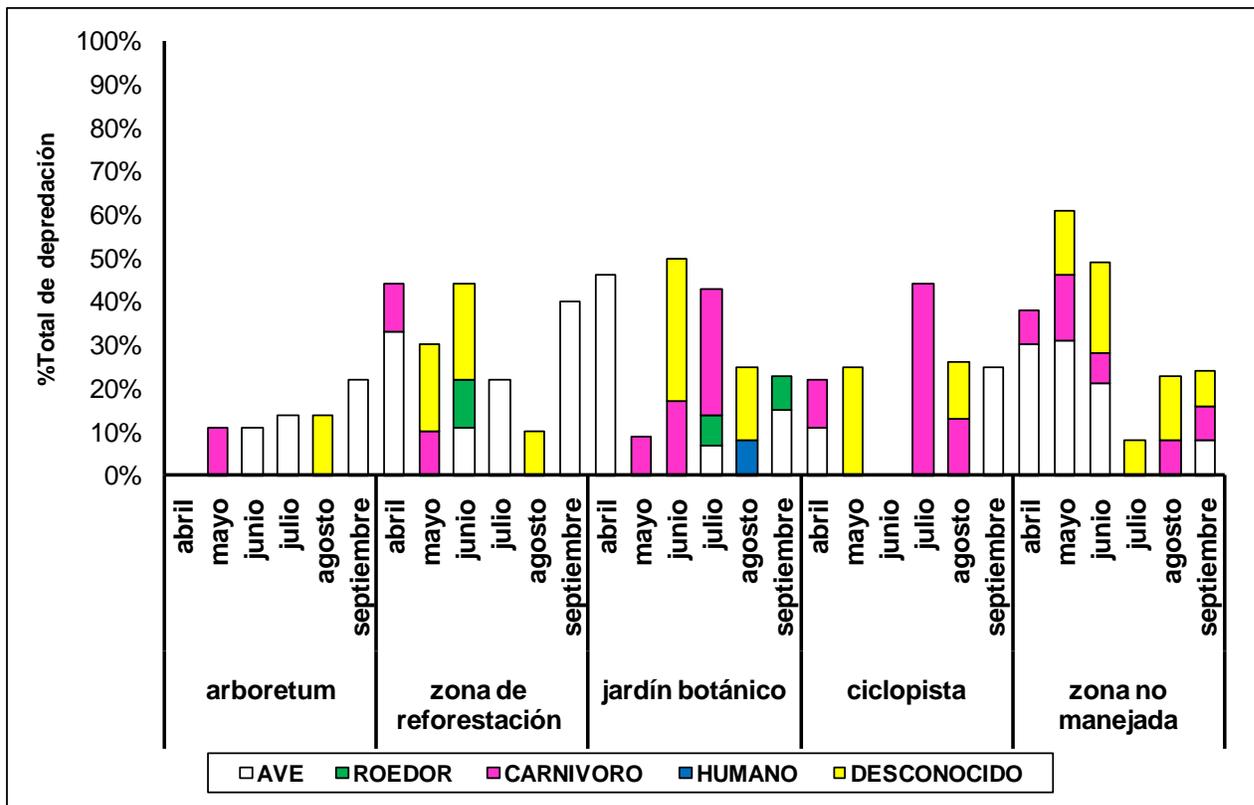


Figura 13. Porcentaje total del tipo de depredador para cada zona de manejo del parque Ecológico Cubitos en el 2006.

5. 2. 1. Depredación por mamíferos

5.2.1.1. Depredación por roedores

En general, durante el 2005 la depredación por roedores se presentó en los meses de junio, julio y septiembre. Las zonas que presentaron mayor depredación por roedores fueron la zona de reforestación y el jardín botánico (Figura 14). No se registró depredación por roedores en las otras zonas del parque. Para el 2006, nuevamente la depredación por roedores se presentó sólo en la zona de reforestación y el jardín botánico, y nuevamente en los meses de junio, julio y septiembre (Figura 15). Las trampas cámara no registraron a este tipo de depredador.

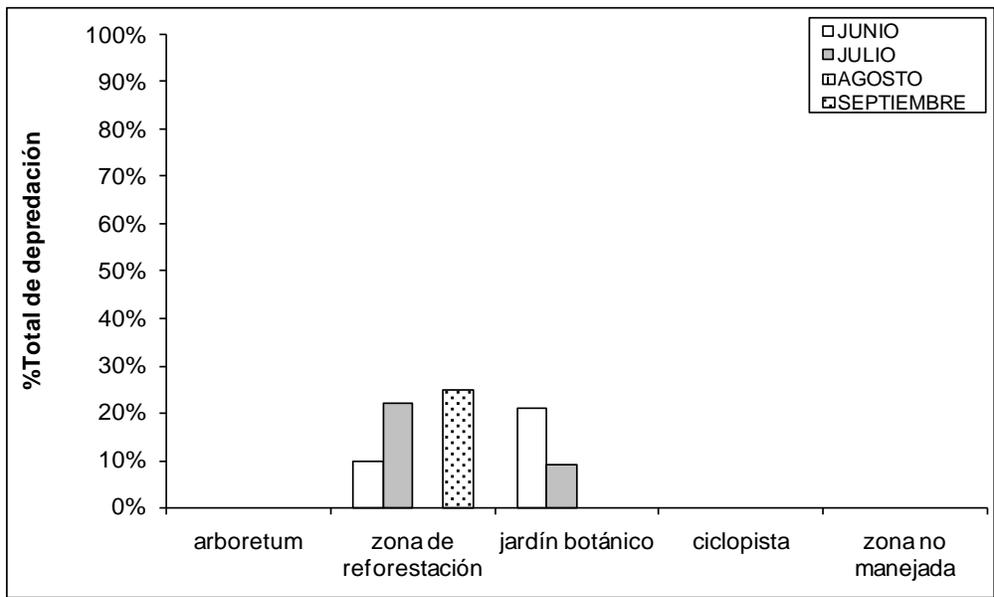


Figura 14. Porcentajes de depredación por roedores para cada zona de manejo del Parque Ecológico Cubitos en el 2005.

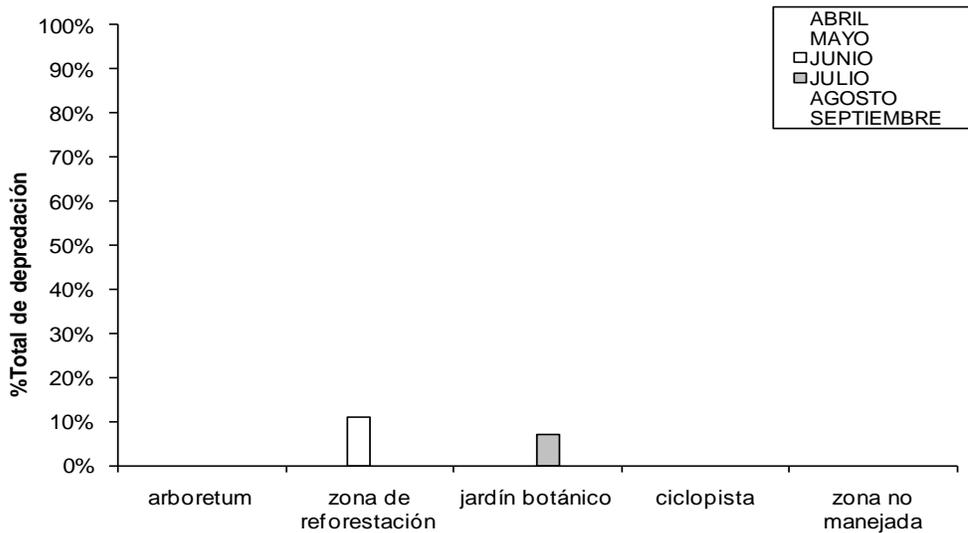


Figura 15. Porcentajes de depredación por roedores para cada zona de manejo del parque Ecológico de Cubitos durante el 2006.

5.2.1.2. Depredación por carnívoros

Para el 2005, se observó depredación por carnívoros depredadores en los meses de julio y septiembre (Figura 16). El jardín botánico fue la zona que presentó mayor depredación por carnívoros y en la zona no manejada no se registró ningún nido depredado por estos animales (Figura 16).

Durante el 2006 la depredación por carnívoros fue mayor en general. En el mes de mayo la depredación por carnívoros se registró en casi todas las zonas de manejo del parque, con un mayor porcentaje en la zona no manejada (15%). Sin embargo las tasas de depredación más altas se registraron en el mes de julio en el jardín botánico y en la zona de la ciclopista (Figura 17).

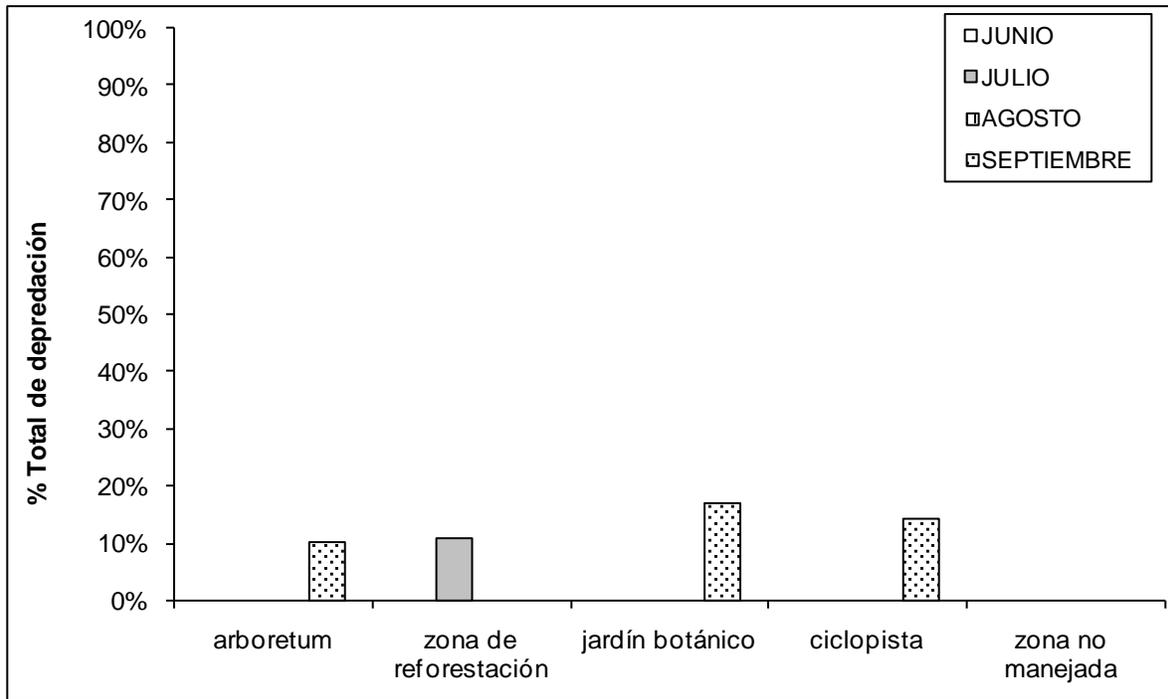


Figura 16. Porcentajes de depredación por carnívoros para cada zona de manejo del parque Ecológico Cubitos durante el 2005.

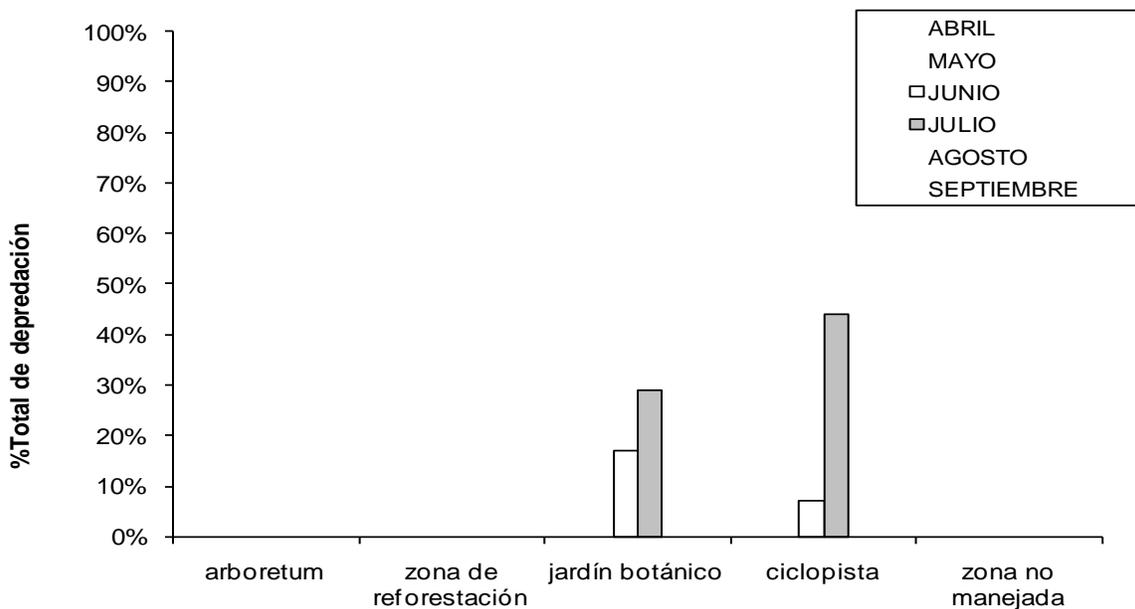


Figura 17. Porcentajes de depredación por carnívoros para cada zona de manejo del parque Ecológico Cubitos correspondientes al año 2006.

Con la ayuda de las cámaras trampa con sensor de movimiento que se colocaron en los meses de febrero, marzo y junio de 2006 se observó la presencia de carnívoros en el jardín botánico, la zona de la ciclopista y la zona no manejada (Cuadro I). Dentro de los carnívoros depredadores captados se encuentran el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) (Figura 19), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) (Figura 20), el gato doméstico (*Felis catus*) (Figura 21) y perros callejeros (*Canis familiaris*) (Figura 22).

Cuadro I. Mamíferos detectados con las trampas cámara en las diferentes zonas de manejo del Parque Ecológico Cubitos.

Especie	Arboretum	Jardín Botánico	Z. Reforestación	Z. de la ciclopista	Z. No Manejada
Cacomixtle (<i>Bassariscus astutus</i>)				✓	
Zorra gris (<i>Urocyon cinereoargenteus</i>)		✓		✓	
Gato doméstico (<i>Felis catus</i>)		✓			
Perro doméstico (<i>Canis familiaris</i>)				✓	✓



Figura 19. El cacomixtle *Bassariscus astutus*. Potencial depredador de nidos de aves encontrado en la zona de la ciclopista, en el Parque Ecológico Cubitos.



Figura 20. La zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*. Potencial depredador de nidos de aves encontrado en la zona del jardín botánico, en el Parque Ecológico Cubitos



Figura 21. El gato doméstico *Felis catus*. Potencial depredador de nidos de aves encontrado en la zona del jardín botánico, en el Parque Ecológico Cubitos



Figura 22. El perro doméstico *Canis familiaris*. Potencial depredador de nidos de aves encontrado en la zona de la ciclopista en el Parque Ecológico Cubitos.

5.2.1.3. Depredación por humanos

En general, la depredación por humanos no fue muy frecuente. Ésta consistió principalmente en el robo de los nidos (desaparición completa del nido sin encontrar rastros del nido o huevos en los alrededores del sitio) o la destrucción del nido durante las actividades de jardinería, principalmente cuando se encontraba el arbusto o árbol podado y el nido destruido por las herramientas utilizadas por los jardineros; también se encontraron en ocasiones los nidos volteados y los huevos de plastilina aplastados y con marcas de dedos o huellas de zapatos.

En el 2005 se registró depredación por humanos en el mes de junio en el arboretum (29%) y en el jardín botánico (21%), y durante el mes de julio en la zona de reforestación (11%). Durante el 2006 sólo se registró depredación por humanos en el jardín botánico (8%). Las trampas cámara no registraron ningún evento de depredación por humanos.

5. 2. 2. Depredación por aves

En general, la depredación por aves fue la más frecuente en todas las zonas de manejo del parque. En el 2005 los porcentajes más altos de depredación por aves se registraron en el mes de junio en la zona de reforestación (90%), y en agosto en la zona de reforestación y la ciclopista (Figura 23). El arboretum, el jardín botánico y la ciclopista presentaron niveles menores de depredación por aves. En general, durante el mes de julio se observan los niveles más bajos de depredación por aves (Figura 23).

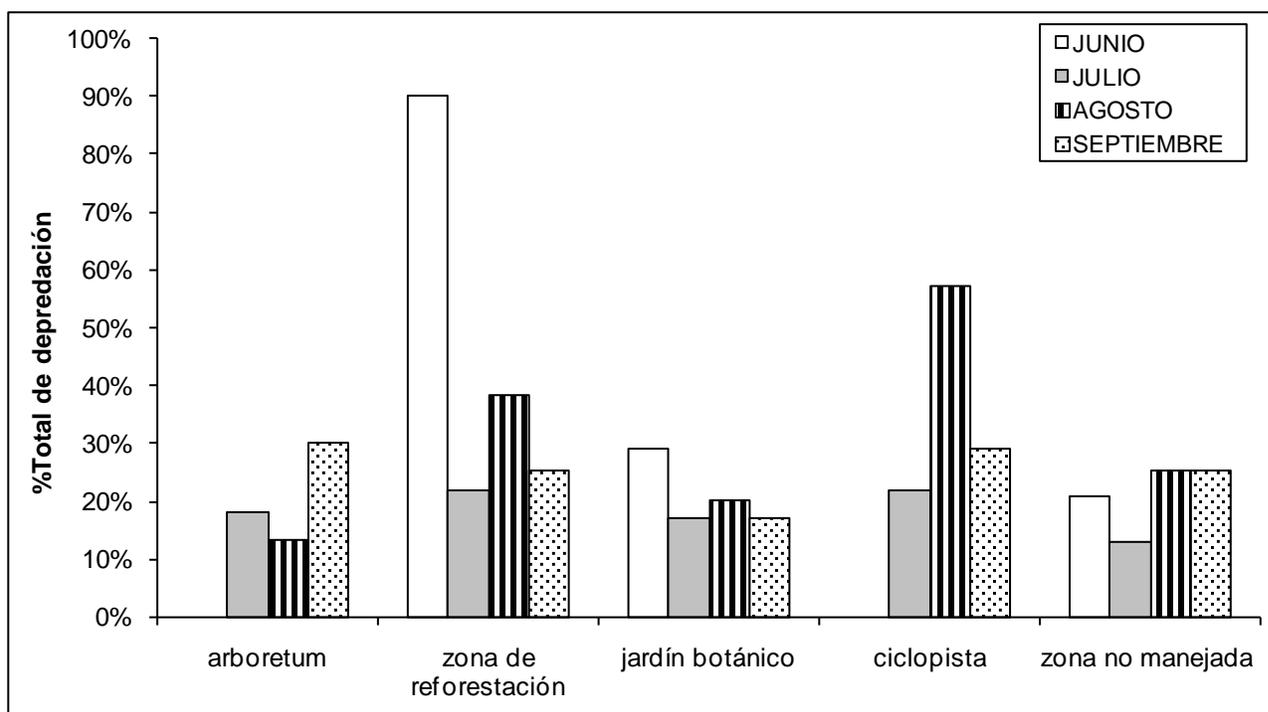


Figura 23. Porcentajes de depredación por aves para cada zona de manejo del parque Ecológico Cubitos en el 2005.

En el año 2006, se observó una menor depredación por aves en comparación con el año 2005. Las zonas que presentaron mayor depredación fueron la zona de reforestación, el jardín botánico y la zona no manejada (Figura 24). En los meses de junio, julio y septiembre los porcentajes de depredación por aves fueron bajos, mientras que en el mes de agosto no se registró ningún evento de depredación por aves (Figura 24). Las trampas cámara no registraron ningún evento de depredación por aves.

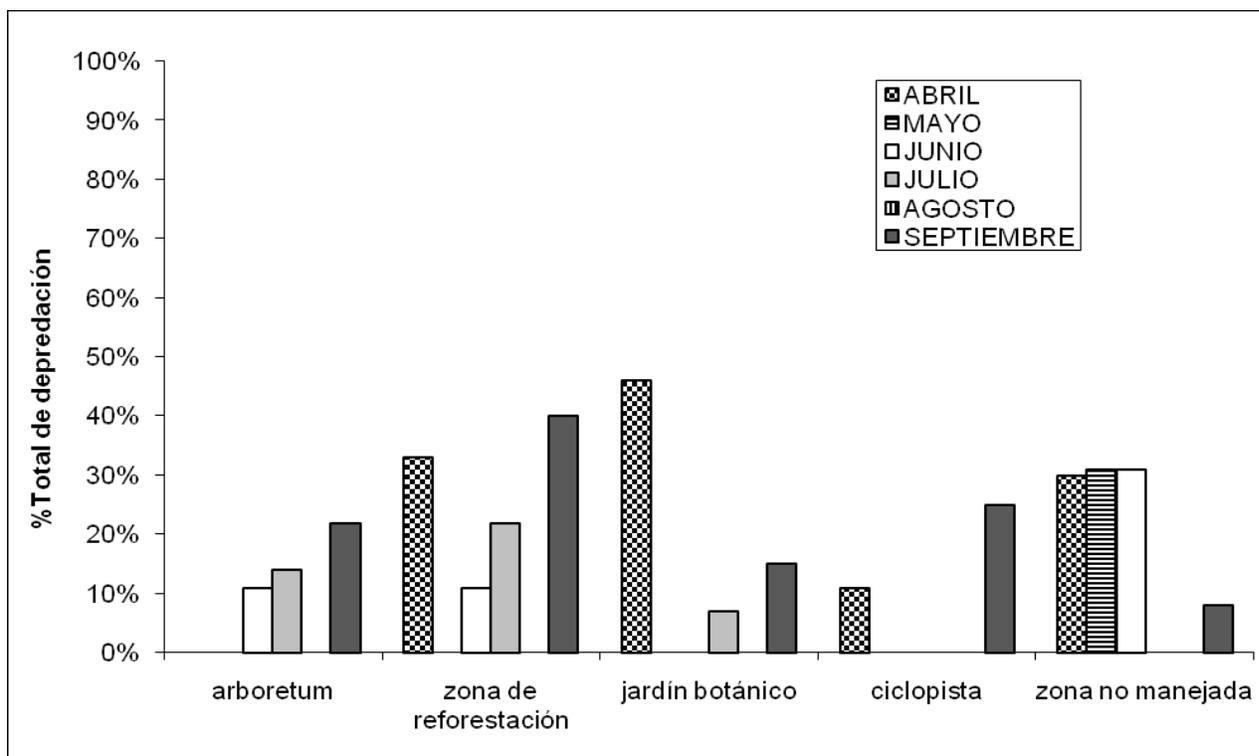


Figura 24. Porcentajes de depredación por aves para cada zona de manejo del Parque Ecológico Cubitos, en el 2006.

5. 3. Grado de perturbación

En general se observó paso de peatones en todas las zonas de manejo del parque. Las zonas con mayor número de peatones fueron el arboretum y la zona de la ciclopista, principalmente entre las 9:30 am y las 11:00 am. La zona que presentó un menor número de peatones fue la zona no manejada. Entre las 3:00 pm y las 5:30 pm se observó nuevamente un incremento en la actividad de los peatones, principalmente en el arboretum y el jardín botánico (Figura 25). En general las zonas con mayor número de peatones corresponden a aquellas que cuentan con veredas y con senderos (andadores) para dicho fin. La zona de reforestación presentó un alto grado

de disturbio ya que se encuentra muy cerca de las oficinas del parque y de la entrada, por lo que constantemente se observó tráfico de personas a su alrededor y en el interior, a pesar de que esta zona no cuenta con senderos designados para el tráfico de personas.

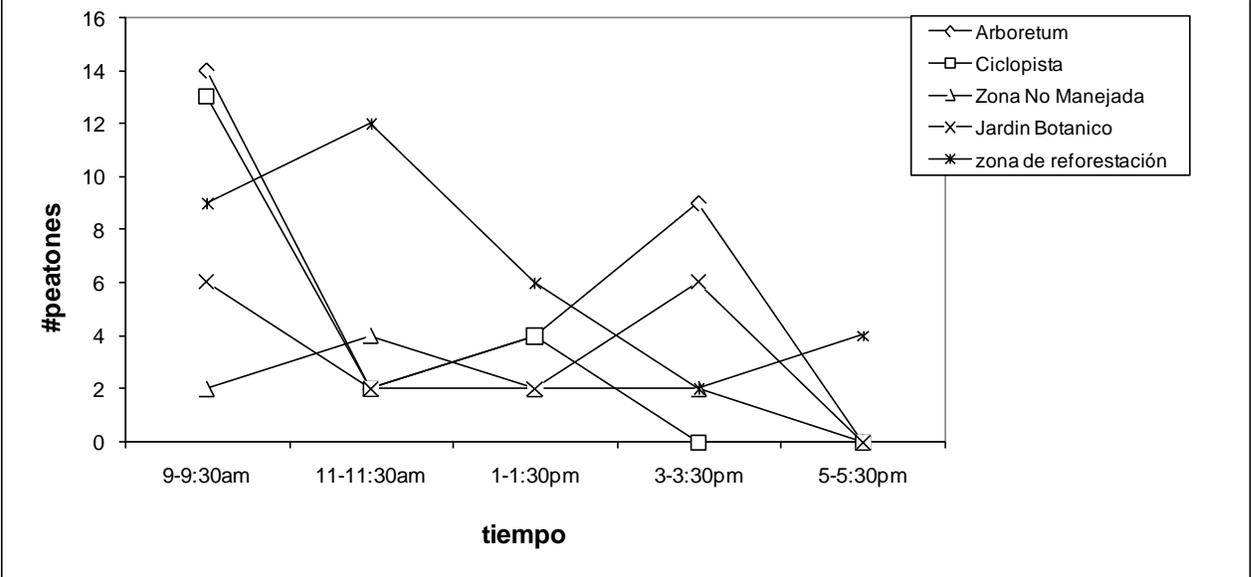


Figura 25. Número de peatones encontrados en cada una de las áreas del parque Ecológico Cubitos.

6. DISCUSIÓN

6.1. Depredación de nidos artificiales en el Parque Ecológico Cubitos y perturbación.

El Parque Ecológico Cubitos es una isla de vegetación inmersa en la zona urbana de la ciudad de Pachuca por lo que presenta un alto grado de perturbación, sobre todo en los bordes y en las zonas que cuentan con senderos para visitantes. No sólo cumple con la función de ser un sitio recreativo, si no también funciona como refugio y hábitat para muchas especies silvestres. Además ofrece una gran variedad de servicios ecológicos que benefician a los habitantes de la ciudad, ya que permite la recarga de los mantos freáticos, influye en el microclima de la ciudad y sus áreas arboladas contribuyen a la captación de partículas suspendidas en el aire (polvo). Sin embargo es indudable que el parque se ve afectado por la zona urbana que lo rodea.

La depredación observada en el Parque Ecológico Cubitos fue del 33% del total de nidos colocados, lo cual es comparable con lo encontrado por otros autores como Gering y Blair (1999), quienes reportan porcentajes de depredación de nidos artificiales menores al 50% en un gradiente urbano. Los altos porcentajes de depredación que se observan en ambientes urbanos principalmente en parques urbanos en comparación con ambientes no modificados por el hombre o con grandes extensiones de vegetación natural, podrían deberse a que existe un mayor número de depredadores presentes en estas zonas debido a que se ven atraídos por la disponibilidad de alimento principalmente basura y desperdicios de consumo humano (Wilcove 1985; Jokimäki y Huhta, 2000; Chace y Walsh, 2006). Sin embargo otros autores han observado mayores porcentajes de depredación en hábitats naturales que

en zonas perturbadas o modificadas por el hombre, debido a que la presencia del ser humano ha reducido el número de depredadores (Melampy et al., 1999; Zuria et al., 2007). Las diferencias en los resultados pueden estar relacionadas con cada una de las características del área así como con la estructura y abundancia de las comunidades de aves presentes en la zona.

En general, la zona del parque que presentó un mayor porcentaje de depredación fue la zona de reforestación, donde los nidos fueron depredados principalmente por aves y por roedores. En esta zona la vegetación todavía no tiene la complejidad estructural característica del matorral xerófilo debido a que la vegetación natural fue eliminada y actualmente se está reforestando con especies nativas principalmente con algunas especies de cactáceas entonces se puede pensar que por esta razón los nidos fueron más visibles para las aves, que cuentan con una gran capacidad visual y pudieron encontrar fácilmente los nidos artificiales. Los roedores que fueron vistos en el área fueron principalmente ardillas (*Spermophilus variegatus*) que tienen una gran capacidad de adaptación a los ambientes perturbados y probablemente se concentren en esta zona del parque. Esta zona fue una de las que presentó mayor grado de perturbación en cuanto al tráfico de peatones. Al parecer las aves y los roedores causantes de la depredación en esta zona no fueron ahuyentados por el alto tráfico de peatones.

Cuando se analizaron por separado los diferentes meses, se pudo observar que las diferencias en los índices de depredación no fueron consistentes, es decir, no se observó un patrón claro ya que entre meses los porcentajes de depredación cambiaron en una misma zona del parque. Debido a lo anterior, es importante en estudios de depredación de nidos calcular los porcentajes de depredación total

utilizando un promedio a partir de resultados obtenidos en diferentes épocas del año. El considerar únicamente los datos de una sola época del año puede llevar a errores graves en las conclusiones y por tanto en las prácticas de manejo que se adopten.

Los resultados de este trabajo podrían compararse con los obtenidos por otros autores que han utilizado nidos artificiales y han encontrado mayores porcentajes de depredación en ambientes urbanos que en ambientes suburbanos (Jokimaki y Hunta, 2000), o urbanos que rurales (Wilcove, 1985), y altos porcentajes de depredación en parques manipulados que en parques no manipulados (Jokimaki y Hunta, 2000). Por ejemplo, Wilcove (1985) encontró mayores índices de depredación de nidos artificiales en parches de bosque pequeños con mayor influencia humana, debido a la presencia de depredadores domésticos. Thorington y Browman (2003) encontraron que la depredación de nidos artificiales incrementó conforme aumentó la densidad de casas debido al incremento de los depredadores como perros y gatos domésticos. Sin embargo, Zuria et al., (2007) y Cervantes Cornihs (2007) sugieren que los sitios más cercanos a zonas con vegetación natural, que podrían ser menos perturbados, tienden a tener mayores índices de depredación de nidos artificiales puesto que la vegetación natural podría estar actuando como refugio para muchos depredadores silvestres. La variabilidad en los resultados puede deberse a varios factores como la estructura del área de estudio y las diferencias en la comunidad de depredadores presentes en cada área (Zuria et al. 2007).

De las 44 especies de aves reportadas como residentes (Zuria com. pers.), al menos nueve se encuentran anidando en el parque: tórtola cola larga (*Columbina inca*), mosquero cardenal (*Pyrocephalus rubinus*), papamoscas llanero (*Sayornis saya*), matraca del desierto (*Campylorhynchus brunneicapillus*), cuitlacoche pico curvo

(*Toxostoma curvirostre*), toquí pardo (*Pipilo fuscus*), bolsero (*Icterus sp.*), pinzón mexicano (*Carpodacus mexicanus*) y gorrión doméstico (*Passer domesticus*). Se ha reportado que el éxito de anidación de varias de estas especies en el parque es afectado por la depredación de nidos y otros factores como la lluvia y la perturbación humana (Rendón Hernández, 2008). La presencia de basura y desperdicios en zonas de vegetación natural con influencia humana puede atraer a depredadores como perros, gatos y ratas (Wilcove, 1985). Otros factores que podrían estar afectando las poblaciones de aves del parque son la reducción y fragmentación del hábitat y el disturbio provocado por los trabajadores y visitantes.

6.2. Tipos de depredadores

La depredación de nidos es la causa principal del fracaso de anidación de muchas especies de aves, así como el factor limitante que afecta negativamente la estructura y densidad de muchas poblaciones de aves, principalmente en paisajes urbanos modificados por el hombre (Ricklefs, 1969; Wilcove, 1985; Melampy et al., 1999; Jokimäki y Huhta, 2000; Zanette, 2001; Chace y Walsh, 2006; Zuria et al., 2007).

En este trabajo las aves fueron los principales depredadores del área de estudio. Se ha encontrado el mismo patrón en otros paisajes rurales, semiurbanos y urbanos (Danielson et al 1997; Gering y Blair 1999; Thorington y Bowman, 2003; Jokimaki et al, 2005). La depredación por aves estuvo relacionada con el grado de perturbación. Para el 2005 se encontró que la zona de reforestación presentó un alto grado de depredación por aves, probablemente por que los nidos pudieron ser más

visibles para las aves debido a la escasez de cobertura. Las aves son depredadores visuales y pudieron localizar fácilmente a los nidos en esta zona. No se tiene la certeza de cuáles sean las especies de aves depredadoras de nidos en el parque sin embargo, se ha reportado que especies de la familia Troglodytidae, como *Campylorhynchus brunneicapillus* y *Thryomanes bewickii* ambas presentes en la zona de estudio, llegan a destruir nidos, incluso artificiales (Simons y Simons, 1990). Debido a que estas especies no consumen el contenido del nido no son consideradas depredadoras, sin embargo este comportamiento podría estar representando competencia intra o interespecífica, en particular por alimento o por sitios libres de depredadores (Simons y Simons, 1990).

En general para carnívoros se encontró que las áreas con mayor grado de perturbación como el jardín botánico y la zona de la ciclopista presentaron altas tasas de depredación. Estas áreas presentan una mayor cobertura vegetal, principalmente de arbustos lo que podría favorecer a los carnívoros ya que los hábitats complejos les sirven de protección y refugio cuando se desplazan y se alimentan (Martin, 1987; Yahner y Cypher, 1987; Danielson et al., 1997).

Con la ayuda de las cámaras trampa se pudo identificar a algunos de los potenciales depredadores como cacomixtles, zorras, perros y gatos callejeros. Sin embargo, las cámaras sólo pudieron colocarse en las zonas que fueron más accesibles, es decir, que presentaban rutas de acceso. La presencia de los depredadores carnívoros en las zonas del parque que presentaron mayor perturbación por parte de los visitantes, puede deberse a la alta disponibilidad de alimento proporcionado por los visitantes mismo que pudo cambiar el comportamiento de forrajeo de los carnívoros, ya que podrían buscar fuentes alternativas de alimento.

También se ha reportado una alta densidad de nidos de aves en estas zonas del parque (Rendón-Hernández, 2008), lo que pudiera estar atrayendo a depredadores carnívoros que de paso depredaron los nidos artificiales.

Por otro lado, algunos autores como Haskell et al. (2001) han encontrado patrones contrarios. Estos autores, tras haber realizado una investigación acerca de la abundancia de depredadores a través de un gradiente urbano en Tennessee, USA, utilizando nidos artificiales, cámaras-trampa e identificando huellas, concluyeron que existe una gran abundancia de carnívoros depredadores en zonas urbanas debido a la alta disponibilidad de alimento, lo cual provoca un cambio en el comportamiento de forrajeo de los carnívoros, que prefieren consumir mejor el alimento proporcionado por los humanos, por lo que los autores observaron índices bajos de depredación de nidos en estas zonas.

Los resultados de este estudio muestran que la depredación de nidos pudiera ser una causa importante de fracaso reproductivo en aves dentro del Parque Ecológico Cubitos, debido a la presencia de varias especies consideradas como depredadoras o destructoras de nidos. Sería recomendable controlar las poblaciones de perros y gatos domésticos dentro del parque, así como evitar la exposición de desperdicios y basura que pudieran estar actuando como atrayentes de depredadores.

7. CONCLUSIONES

- En general, el porcentaje de depredación total en el Parque Ecológico Cubitos fue del 33% de los nidos artificiales colocados durante el trabajo.
- Se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de depredación entre las diferentes zonas de manejo del parque. La zona de reforestación presentó el mayor porcentaje de depredación (69%) y fue significativamente mayor que la depredación encontrada en todas las demás zonas de manejo. La zona de reforestación fue una de las que presentó una mayor perturbación debido al tránsito de peatones.
- Las diferencias entre los porcentajes de depredación para las diferentes zonas de manejo del parque no fueron consistentes entre los meses, por lo que los estudios de depredación de nidos deben considerar repetir el experimento en distintas épocas del año.
- No se encontraron diferencias significativas al comparar la depredación de los nidos colocados en el suelo y los elevados.
- Los depredadores dominantes fueron diferentes para cada zona de manejo del parque. Además, la presencia de tipos de depredador cambió con el tiempo. En general, los principales depredadores de nidos en todos los meses fueron las aves, seguidas por los carnívoros.

8. LITERATURA CITADA

- Adams. L. W. 1994. *Urban Wildlife Habitats: A landscape perspective*. – Univ. of Minnesota Press.
- Borgmann, K y Rodewald, A. 2004. Nest predation in an urbanizing landscape: the role of exotic shrubs. *Ecological Applications* 14:1757-1765.
- Buler, J. J. y Hamilton, R. B. 2000. Predation of natural and artificial nests in a southern pine forest. *The Auk* 117:739-747.
- Cervantes Cornihs, E. 2007. Depredación de nidos artificiales en bordes agrícolas de un paisaje agro-urbano en el Estado de Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo.
- Chace, J. F. y Walsh, J. J. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*.74:46-69.
- COEDE. 2004. Programa de manejo de área natural protegida estatal. Parque Ecológico Cubitos.
- Cueto, V. R. y Mezquida, E. T. 2001. Un equipo electromecánico económico para identificar depredadores de huevos en nidos artificiales. *Hornero* 16: 71-75.
- Danielson, W. R., DeGraaf, R. M. y Fuller, T. K. 1997. Rural and suburban forest edges: effect on egg predators and nest predation rates. *Landscape and Urban Planning* 38:25-36.
- Fernández-Juricic, E., Jiménez, M. D. y Lucas, E. 2001. Bird tolerance to human disturbance in urban parks of Madrid (Spain): Management implications. En:

Marzluff, J. M., Bowman, R. y R. Donnelly (eds.). Avian ecology and conservation in an urbanizing World. Springer, USA.

Forman, R. T. T. y Godron. M. 1986. Landscape ecology. – John Wiley and Sons.

Fleming, G. 1999. Plan de desarrollo regional de la zona metropolitana de Pachuca. SEDESOL- Gobierno del estado de Hidalgo. México, 300pp.

Gering, J. C. y Blair, R. B. 1999. Predation on artificial bird nest along an urban gradient: predatory risk or relaxation in urban environments? *Ecography* 22:532-541.

Gilbert, O. L. 1989. The Ecology of urban habitats.- Chapman and Hill.

Haskell, D. G. 1995. Forest fragmentation and nest predation: are experiments with japanese quail eggs misleading? *Auk* 112:767-770.

Haskell, G., Knupp, A. M. y Schneider, M. C. 2001. Nest predator abundance and urbanization. En: Marzluff, J. M., Bowman, R. y R. Donnelly (eds.). Avian ecology and conservation in an urbanizing World. Springer, USA.

INEGI. 1993. Cuaderno estadístico municipal, Pachuca de Soto Hidalgo. INEGI.

Jokimäki, J. y Huhta, E. 2000. Artificial nest predation and abundance of birds along an urban gradient. *The Condor* 102:838-847.

Lariviere, S. 1999. Reasons why predators cannot be inferred from nest remains. *The Condor* 101:718-721.

Major, R. E. y Kendal, C. E. 1996. The contribution of artificial nest experiments to understanding avian reproductive success: a review of methods and

conclusions.

Ibis

138:298-307.

Marini, M. A. y Melo, C. 1998. Predators of quail eggs, and the evidence of the remains: implications for nest predation studies. *The Condor* 100:395-399.

Martin, T. E. 1987. Artificial nest experiments: effects of nest appearance and types of predators. *Condor* 89:925-928.

Martin, T. E. 1993. Nest predation among vegetation layers and habitat types: revising the dogmas. *The American Naturalist* 141:897-913.

Martin, T. E. 1995. Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecological Monographs*. 65:101-127.

Marzluff, J. M. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. En: Marzluff, J. M., Bowman, R. y R. Donnelly (eds.). *Avian ecology and conservation in an urbanizing World*. Springer, USA.

McDonnell, M. J. y Pickett, S. T. A. 1990. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology* 71:1232-1237.

Melampy, M. N., Kershner, E. L., y Jones, M.A. 1999. Nest predation in suburban and rural woodlots of northern Ohio. *The American Midland Naturalist* 141:284-292.

Miller, J. R., Fraterrigo, J. M., Hobbs, T., Theobald, D. M. y Wiens, J. A. 2001. Urbanization, avian communities, and landscape ecology. En: Marzluff, J. M.,

- Bowman, R. y R. Donnelly (eds.). Avian ecology and conservation in an urbanizing World. Springer, USA.
- Nour, N., Matthysen, E. y Dhondt, A. 1993. Artificial nest predation and habitat fragmentation: different trends in bird and mammal predators. *Ecography* 16:111-116.
- Ortega, C. P., Ortega, J. C., Rapp, C. A. y Backensto, S. A. 1998. Validating the use of artificial nests in predation experiments. *Journal of Wildlife Management* 62:925-932.
- Petrini, R., Baglione, V. y Robles, J. L. 1994. Depredación sobre nidos en el suelo: un experimento con nidos artificiales en agrosistemas cerealistas. *Actas de las XII Jornadas Ornitológicas Españolas*. Pp. 201-206.
- Rendón Hernández G. 2008. Biología reproductiva de aves residentes en un parque urbano: El Parque Ecológico Cubitos, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo.
- Ricklefs, R. E. 1969. An analysis of nesting mortality in birds. *Contrib. Zool.* 9: 1-48.
- Roper, J. J. 1992. Nest predation experiments with quail eggs: too much to swallow? *Oikos* 65:528-530.
- Rudnický, T, y Hunter, M. 1993. Avian nest predation in clearcuts, forest, and edges in a forest-dominated landscape. *Journal of Wildlife Management* 57:358-354.
- Russo, C. y Young, T.P. 1997. Egg and seed removal at urban and suburban forest edges. *Urban Ecosystems* 1:171-178

- Simons, L. S y Simons, L. H. 1990. Experimental studies of nest-destroying behavior by cactus wrens. *The condor* 92:855-860.
- Sloan, S. S., Holmes, R. T y Sherry, T. W. 1998. Depredation rates and predators at artificial bird nests in an unfragmented northern hardwoods forest. *Journal of Wildlife Management* 62:529-539.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3rd ed. W. H. Freeman and Company, New York. 887pp.
- Small, M. F. y Hunter, M. L. 1988. Forest fragmentation and avian nest predation in forested landscapes. *Journal of Wildlife Management* 76:62-64.
- Thompson, F. R., III, Dijak, W. y Burhans, D. E. 1999. Video identification of predators at songbird nests in old fields. *Auk* 116: 259-264.
- Thorington, K. K y Bowman, R. 2003. Predation rate on artificial nest increases with human housing density in suburban habitats. *Ecography* 26: 188-196.
- Weatherhead, P. J. y Blouin-Demers, G. 2004. Understanding avian nest predation: why ornithologists should study snakes. *Journal of Avian Biology* 35:185-190.
- Wilcove, D. S. 1985. Nest predation in forest tracts and the decline of migratory songbirds. *Ecology* 66:1211-1214.
- Yahner, R. H. y Cipher, B. L. 1987. Effects of nest location on depredation of artificial arboreal nest. *Journal of Wildlife Management* 51:178-181.
- Yahner, R. H. y Scott, D. P. 1988. Effects of forest fragmentation on depredation of artificial nest. *Journal of Wildlife Management* 52:158-161.

Zanette, L y Jenkins, B. 2000. Nesting success and nest predators in forest fragments: a study using real and artificial nest. *The Auk* 117:445-454.

Zanette, L. 2002. What do artificial nest tells us about nest predation? *Biological Conservation* 103:323-329.

Zuria, I., Gates, E. J. y Castellanos, I. 2007. Artificial nest predation in hedgerows and scrub forest in a human- dominated landscape of central Mexico. *Acta Oecologica* 31:158-167.