

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA.

MAESTRIA EN CIENCIAS EN CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES (BIODIVERSIDAD DEL NEOTRÓPICO)

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA GUACAMAYA VERDE (*Ara militaris*) EN LA CAÑADA OAXAQUEÑA, DENTRO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA TEHUACÁN-CUICATLÁN.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS
P R E S E N T A:
BIÓL. GLADYS REYES MACEDO

DIRECTOR DE TESIS: DR. GABRIEL RAMOS FERNÁNDEZ



Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

Febrero de 2007



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 29 del mes de Enero del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada:

Biología reproductiva de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Cañada Oaxaqueña, dentro de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Presentada por la alumna:

| | | |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Reyes | Macedo | Gladys |
| <small>Apellido paterno</small> | <small>materno</small> | <small>nombre(s)</small> |
| Con registro: | | |
| A | 0 | 5 |
| 0 | 0 | 8 |
| 6 | | |

aspirante al grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA
Director de tesis

Dr. Gabriel Ramos/Fernández

Dr. Rafael Felipe Del Castillo Sánchez

M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina

M. en C. José Antonio Santos Moreno



M. en C. Sonia Trujillo Argueta

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dra. María del Rosario Arnaud Viñas



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 29 del mes Enero del año 2007, el (la) que suscribe **REYES MACEDO GLADYS** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A050086**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Gabriel Ramos Fernández y cede los derechos del trabajo intitulado “**Biología reproductiva de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Cañada Oaxaqueña, dentro de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán**”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgrado@ipn.mx ó greysmacedo@yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

REYES MACEDO GLADYS



INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
CICSO-UNIDAD OAXACA

RESUMEN

La guacamaya verde (*Ara militaris*) es una especie que se distribuye desde el norte de México hasta Sudamérica, sin embargo sus poblaciones son pequeñas y aisladas. En el 2001 se registró por primera vez una población de la cual no se tenía conocimiento de su existencia, que habita en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) en los estados de Oaxaca y Puebla. A partir de entonces se iniciaron una serie de estudios encaminados a conocer diversos aspectos de su biología, entre ellos la reproducción. A pesar de ser una especie ampliamente distribuida sus hábitos reproductivos han sido poco estudiados, se sabe que su temporada de reproducción varía a lo largo del país y que esta variación depende principalmente de la temperatura y del régimen de lluvias. El presente estudio se dedicó a registrar algunos aspectos de la biología reproductiva de la población de *Ara militaris* que habita la RBTC durante la temporada 2004, como duración de la temporada reproductiva, número de parejas reproductivas y éxito reproductivo a nivel de nido.

Las guacamayas empiezan a llegar a la zona de anidación conocida como Cañón El Sabino en el mes de enero, entonces inicia la temporada reproductiva, con el cortejo y la selección de las cavidades. De aproximadamente 20 parejas que se observaron seleccionar e inspeccionar cavidades, sólo se establecieron 13 nidos activos. Estos fueron visitados continuamente por una pareja cada uno y se les dio seguimiento desde la aparición hasta su abandono o producción de volantón. Los nidos se encontraron en ambas paredes del cañón a alturas superiores a los 150 m. El número total de volantones producidos en la colonia fue de 10, con un promedio de nidada de 1.25 volantones/ nido, lo que representa un reclutamiento poblacional del 10%. La temporada se extiende hasta septiembre y octubre cuando los últimos volantones realizan sus primeros vuelos y se trasladan con el resto de la población hacia sus terrenos de otoño en el sur de la Cañada Oaxaqueña. Las diferentes etapas de la anidación de esta población suceden en tiempos distintos a los registrados en otras poblaciones del país. Al parecer esta variación responde a factores ambientales de cada sitio en particular. Es importante implementar técnicas adicionales que permitan la inspección directa de los nidos, con la finalidad de conocer más a fondo la reproducción de la especie.

ABSTRACT

While the military macaw (*Ara militaris*) is distributed from the north of Mexico to South America, its populations are small and isolated. A new, unknown population was registered in 2001 at the Tehuacan-Cuicatlan Biosphere Reserve (RBTC) in the states of Oaxaca and Puebla, Mexico. Since then, a series of studies aimed at knowing diverse aspects of their biology, with emphasis on its reproductive biology, were begun. Despite being a species with a wide distribution, its reproductive habits are little known. It is known that the breeding season varies throughout Mexico, depending on variations on the temperature and the pluvial regimen, mainly. The present study focused on recording some aspects of the reproductive biology of *Ara militaris* in the population found in the RBTC during the 2004 season. Aspects recorded included the duration of the breeding season, the number of the breeding pairs and the reproductive success of each nest. The first macaws arrive to the nesting zone, known as Cañon El Sabino, in January, starting the breeding season with the courtship and the selection of cavities. Of approximately 20 pairs that were watched selecting and inspecting cavities, only 13 established active nests. These were visited continually by a pair each one and were followed since the beginning to the abandonment or to the production of the fledging. The nests were found on both walls of the canyon, above 150 meters in height. A total of 10 fledglings were produced in the colony, with a mean of 1.25 fledglings/nest. This represents a population recruitment of 10%. The season ends in September-October, when the last fledglings perform their first flight and travel, with the rest of the population, to their autumn grounds in the south of the Oaxaca's La Cañada. The reproductive stages in this population are different to those reported in other Mexican populations of the same species. This variation could be due to environmental factors varying across different sites. It is important to implement further studies with additional techniques that allow the direct inspection of nests, in order to gain a better knowledge of the reproductive behavior of the species.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos de tipo ecológico pocas veces pueden ser realizados por una sola persona, en la mayoría de los casos hay mucha gente involucrada en su realización, ésta no es la excepción. La presente sección esta dedicada a todos aquellos que contribuyeron con su granito de arena para que la información que aquí se presenta pudiera generarse:

Es justo que en esta sección mencione primero a la persona que desde afuera dirigió el presente estudio, al M. en C. Carlos Bonilla Ruz, por el gran apoyo que me brindo desde el momento en que llegue al CIIDIR, por impulsarme a seguir adelante, por toda su paciencia, por aguantar mis malos ratos (que fueron muchos) y compartir los buenos también, pero sobre todo por ser un gran amigo.

Al Dr. Gabriel Ramos Fernández, por haber confiado en mi y por sus valiosos comentarios que día a día me ayudaron a mejorar académicamente y a darme cuenta de mis errores.

Al Dr. Tiberio Monterrubio Rico por el apoyo incondicional brindado en todo momento para la realización y mejoramiento de éste estudio.

A los miembros de la comisión revisora: Dr. Rafael Del Castillo Sánchez, M. en C. José Antonio Santos Moreno, M. en C. Sonia Trujillo Argueta y M. en C. Gladys Manzanero Media; por su tiempo, revisión del escrito y por los atinados comentarios que contribuyeron al mejoramiento del mismo.

A las autoridades de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, al MVZ Juan Manuel Salazar y al Biol. Palma, por todo el apoyo otorgado para que esta investigación saliera adelante.

A la CONANP, al IPN y a la fundación Bonilla Ruz, por los fondos aportados para realizar los muestreos de campo.

Al CONACYT y al IPN por el apoyo financiero otorgado para la realización de la presente maestría.

Al CIIDIR-Oaxaca por ser parte primordial de mi formación académica.

A Idea Wild por el equipo donado para que este estudio, que forma parte del proyecto de "Monitoreo y conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán" pudiera realizarse.

A las autoridades de San Pedro Jocotipac y Santa María Tecomavaca, por permitirnos adentrarnos en el hermoso Cañón El Sabino.

A los señores, Jesús, Maurilio, León, Rafael y Efraín, de Santa María Tecomavaca, que amablemente nos acompañaron y guiaron en algunos de los

recorridos de exploración de la zona de estudio y que nos apoyaron durante nuestra estancia en el Cañón El Sabino.

A las chicas del ITAO que hicieron posible el trabajo de campo: Vidalia, Claudia, Rufina y Richie, por hacer agradables las duras jornadas y por todos los momentos, espinas y chupandias compartidas.

A la M. en C. Yamel Rubio Rocha, al Dr. Javier Salgado, a Daniel Hernández y a Pedro Sánchez-Montero por la información compartida.

A las chicas del clan del Tule por todos los momentos compartidos, por brindarme su amistad y permitirme formar parte de sus vidas.

Pero sobre todo, a las guacamayas escandalosas, por alegrar mi existencia con sus estridentes voces, porque con sus bellos colores iluminaron mi sendero que por aquella época era oscuro y con su vuelo me permitieron soñar, sentirme libre y darme cuenta que las cosas más simples de la vida son las que le dan sentido a cada día.

A todos ustedes.....¡¡¡¡¡GRACIAS!!!!!!

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada a mis padres Sara e Isaac, porque aún sin entender lo que hago, me han apoyado para seguir adelante.

A Raulito, el compañero de mi vida, por brindarme tu apoyo para que este ciclo pudiera cumplirse.

A Pedro Pablo (donde quiera que te encuentres) porque las personas entusiastas como tu, hacen que el mundo sea mejor (*q.e.p.d*).

ÍNDICE GENERAL

| | Contenido | Pág. |
|--|-----------|------|
| INDICE DE CUADROS | | 10 |
| INDICE DE FIGURAS | | 10 |
| 1. INTRODUCCIÓN | | 12 |
| 1.1. La guacamaya verde (<i>Ara militaris</i>) | | 12 |
| 1.1.1. Distribución geográfica | | 12 |
| 1.1.2. <i>Ara militaris</i> en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) | | 13 |
| 1.1.3. Características morfológicas | | 13 |
| 1.1.4. Biología reproductiva | | 14 |
| 1.1.5. Problemática de conservación | | 15 |
| 2. OBJETIVOS | | 15 |
| 2.1. Objetivo general | | 15 |
| 2.2. Objetivos específicos | | 15 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | | 16 |
| 4. MATERIALES Y METODOS | | 16 |
| 4.1. Área de estudio | | 16 |
| 4.2. Estudio preliminar | | 18 |
| 4.3. Muestreo | | 19 |
| 4.4. Análisis de resultados | | 21 |
| 4.4.1. Esfuerzo parental | | 21 |
| 4.4.2. Etapas del ciclo reproductivo | | 22 |
| 5. RESULTADOS | | 24 |
| 5.1. Cavidades activas observadas durante la temporada reproductiva | | 24 |
| 5.2. Etapas del ciclo reproductivo al considerar diferentes intervalos hipotéticos de la etapa de crianza del polluelo. | | 25 |
| 5.3. Etapas del ciclo reproductivo al considerar una combinación de los tiempos de atención al nido observados con la frecuencia de visitas. | | 27 |
| 5.4. Productividad por nido y de la colonia durante la temporada 2004 | | 34 |
| 5.5. Descripción de cada etapa de la anidación | | 34 |
| 5.5.1. Cortejo. | | 34 |
| 5.5.2. Selección de cavidades para anidar. | | 35 |
| 5.5.3. Cópula | | 35 |
| 5.5.4. Alimentación por regurgitación | | 36 |
| 5.5.5. Puesta de los huevos | | 36 |
| 5.5.6. Incubación | | 37 |
| 5.5.7. Crianza de los polluelos | | 37 |
| 5.5.8. Salida de los volantones | | 37 |
| 5.5.9. Depredadores potenciales y competencia por cavidades con otras aves | | 38 |

| Contenido | Pág. |
|--|-------------|
| 5.6. Orientación de los nidos en las diferentes paredes del Cañón El Sabino. | 39 |
| 5.7. Análisis de la productividad por nido | 39 |
| 6. DISCUSIÓN | 40 |
| 7. CONCLUSIONES | 48 |
| 8. RECOMENDACIONES | 49 |
| LITERATURA CITADA | 50 |
| APENDICE | 58 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Contenido | Pág. |
|--|-------------|
| Cuadro 1. Calendario de toma de datos de campo y esfuerzo de muestreo dedicado a la temporada reproductiva durante 2004. | 19 |
| Cuadro 2. Diferentes usos dados por las guacamayas a las cavidades activas durante la temporada 2004. | 24 |
| Cuadro 3. Número de observaciones de cópula y alimentación por regurgitación registradas por mes. | 36 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Contenido | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Localización del Cañón El Sabino, dentro de los municipios de San Pedro Jocotipac, Santa María Tecomavaca y Santa María Ixcatlán. | 17 |
| Figura 2. Diagrama ombrotérmico del distrito de Cuicatlán. | 18 |
| Figura 3. Duración de cada etapa del ciclo de anidación en los nidos exitosos de <i>Ara militaris</i> , al considerar diferentes intervalos de la etapa de crianza del polluelo. | 26 |
| Figura 4. Medias diarias con su desviación estándar de los tiempos de atención observados en todos los nidos de <i>Ara militaris</i> , a lo largo de la temporada reproductiva 2004. | 27 |
| Figura 5. Medias diarias con su desviación estándar de las frecuencias de visitas observadas en todos los nidos de <i>Ara militaris</i> , a lo largo de la temporada reproductiva 2004. | 27 |
| Figura 6. Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en los nidos de <i>Ara militaris</i> con uno y tres volantones en la Cañada Oaxaqueña, durante el 2004. | 29 |
| Figura 7. Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en los nidos de <i>Ara militaris</i> con dos puestas asincrónicas en la Cañada Oaxaqueña durante el 2004. | 30 |
| Figura 8. Probable duración de cada etapa del ciclo de anidación en los nidos exitosos de <i>Ara militaris</i> en la Cañada Oaxaqueña, de acuerdo con el método que | 31 |

| | |
|--|----|
| combina tiempos de atención al nido con la frecuencia de visitas durante el 2004. | |
| Figura 9. Probable duración de cada etapa del ciclo de anidación en los nidos abandonados de <i>Ara militaris</i> en la Cañada Oaxaqueña, de acuerdo con el método que combina tiempos de atención al nido con la frecuencia de visitas durante el 2004. | 32 |
| Figura 10 Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en los nidos abandonados de <i>Ara militaris</i> en la Cañada Oaxaqueña, durante el 2004. | 33 |
| Figura 11. Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en el nido 9 durante el 2004. | 34 |
| Figura 12. Etapas del ciclo reproductivo observado en la población de <i>Ara militaris</i> de la Cañada Oaxaqueña, durante la temporada 2004. | 38 |
| Figura 13. Grafico de la correlación entre el número de volantones exitosos y el tiempo de atención dedicado al nido | 40 |

APENDICE

| Contenido | Pág. |
|--|------|
| Cuadro 4. Duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, al considerar un intervalo de 122 días de la etapa de crianza del polluelo. | 59 |
| Cuadro 5. Duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, de acuerdo con el intervalo de 106 días de la etapa de crianza del polluelo. | 60 |
| Cuadro 6. Duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, de acuerdo con el intervalo de 91 días de la etapa de crianza del polluelo. | 61 |
| Cuadro 7. Duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, de acuerdo con el criterio que combina frecuencias de visita a los nidos con tiempos de incubación. | 62 |
| Cuadro 8. Probable duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos abandonados, de acuerdo con el criterio que combina frecuencias de visita a los nidos con tiempos de incubación. | 63 |
| Cuadro 9. Fechas correspondientes a cada semana de desarrollo de los nidos de la temporada 2004. | 65 |

1. INTRODUCCIÓN

El orden de los psitaciformes es uno de los grupos de aves más homogéneos morfológicamente hablando. Se distinguen por su cuerpo compacto y robusto, cuello corto, patas zigodáctilas (dos dedos dirigidos hacia el frente y dos hacia atrás), lengua gruesa, carnosas y pico corto y fuerte, con la mandíbula superior curvada y sobrepuesta sobre la inferior. En este orden han sido descritas hasta el momento 332 especies, pertenecientes a su vez a tres familias: Loriidae, Cacatuidae y Psitácidae, esta última exclusiva del continente americano (Forshaw 1978; Snyder *et al.* 2000).

La familia Psitácidae, que engloba a los pericos, cotorras y guacamayas del Nuevo Mundo, es muy diversa y abundante especialmente en las zonas tropicales. Sin embargo, también es una de las más amenazadas a nivel mundial, al contener a la mayor cantidad de especies en peligro de extinción que cualquier otra (aproximadamente 90 *spp.*; Collar *et al.* 1994).

Aunque existen diversas causas de la disminución de las poblaciones de psitácidos, son dos las que se consideran más importantes: la pérdida de hábitat y la captura de individuos para el tráfico ilegal. Las especies afectadas incluyen a los pericos y guacamayas más atractivos para el comercio, que además se localizan en hábitats severamente impactados (Collar y Juniper 1992; Juniper y Parr 1998; Snyder *et al.* 2000). Por otro lado, ciertas características en la biología reproductiva de los psitácidos aumentan la vulnerabilidad de sus poblaciones. Entre estas se pueden mencionar las bajas tasas reproductivas debidas a su pequeño tamaño de nidada, sobre todo en especies de talla grande como las guacamayas; la existencia de una sola nidada al año (con raras excepciones); las bajas tasas de supervivencia de polluelos y volantones; la edad tardía de la primera reproducción; las grandes proporciones de adultos sexualmente maduros que no se reproducen dentro de las poblaciones, puesto que son fisiológicamente incapaces de hacerlo por una mala nutrición o porque están infestados de parásitos; así como la baja disponibilidad de sitios adecuados para anidar, como en las guacamayas del género *Ara* spp. (Saunders 1986; Snyder *et al.* 1987; Rowley 1990; Gnam y Rockwell 1991; Munn 1992; Emison *et al.* 1994; Lindsey *et al.* 1994).

1.1. La guacamaya verde (*Ara militaris*)

1.1.1. Distribución geográfica

Las guacamayas son un grupo de psitácidos exclusivos del continente americano que incluye 21 especies; del género *Ara* se conocen 15, de las cuales cuatro están extintas (*Ara tricolor*, *Ara atwoodi*, *Ara erythrocephala* y *Ara gadeloupensis*; Forshaw 1978; IUCN 2006). En México existen dos especies pertenecientes a este género, la guacamaya verde (*Ara militaris*) y la guacamaya roja (*Ara macao*) (Collar y Juniper, 1992; Peterson y Chalif, 1994; Howell y Webb 1995).

Ara militaris se distribuye en los territorios de México, Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina; actualmente no se le encuentra en Centroamérica, pero es probable que haya existido en esa región. En México se ha mencionado la existencia de poblaciones aisladas en la vertiente del Pacífico desde el sureste de Sonora y suroeste de Chihuahua, hasta Oaxaca y Chiapas, en la Costa del Golfo en Tamaulipas y en el centro del país en San Luis Potosí, Estado de México, Querétaro y Michoacán (Howell y Webb, 1995; Iñigo-Elías, 1999; 2000). Su distribución comprende principalmente las selvas mediana subcaducifolia y baja caducifolia, aunque también se ha registrado (no como residente) en bosques de pino-encino, así como en zonas áridas con rangos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar (Álvarez Del Toro, 1980; Howell y Webb, 1995; Iñigo-Elías, 1999; 2000).

Del Coro y Márquez (2000), señalan que algunas de las poblaciones de *A. militaris* existentes en México, se localizan dentro de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's), como son: 127 (Cuenca del Río Yaqui, Sonora); 76 (Las Bufas, entre Sinaloa y Durango); 79 (La Michilía en Durango); 55 (Sierra de Manantlán en Jalisco); 32 (Nevado de Colima, Colima); 23 (Cuenca baja del Balsas, Michoacán); 85 (El Cielo, Tamaulipas); 6 (Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro); 26 (Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca); 57 (Cerro Piedra Larga, Oaxaca). Otra de las grandes poblaciones de esta especie detectada en la República Mexicana, es la que se localiza en la región de Cajón de Peñas, Jalisco, compuesta de 90 individuos (Carreón-Arroyo, 1997).

1.1.2. *Ara militaris* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC)

Aunque anteriormente se tenía conocimiento de la existencia de guacamaya verde en la parte este del estado de Oaxaca, no fue sino hasta el año 2001, cuando se registró en la zona de la Cañada Oaxaqueña (Salazar 2001), dentro de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán (RBTH). La presencia de la especie se ha verificado en los terrenos de las comunidades de San Pedro Jocotipac, Santa María Tecomavaca, San José del Chilar, Tepelmeme de Morelos, San Juan Coyula, Santa María Almoloyas, y Quiotepec (Salazar 2001; Aguilar *et al.* 2003; Bonilla *et al.* 2004).

1.1.3. Características morfológicas

La guacamaya verde (*Ara militaris*) es la segunda especie de mayor tamaño que habita en nuestro país. La longitud total del cuerpo va de 685 a 760 mm (Howell y Webb, 1995). La longitud de la cuerda alar en el macho es de 373 mm, mientras que en la hembra llega a medir 377mm. La longitud de la cola es de 386 mm en el macho y de 420 mm en la hembra (Gardner, 1971). Esta especie no presenta dimorfismo sexual, ni diferencias entre edades. La coloración del cuerpo es verde olivo a verde vivo, tiene un tono mate en la nuca, cuello y corona. Las plumas coberteras son de color verde olivo más oscuro. La frente es

de color carmesí, mientras que las mejillas desnudas en su mayor parte, presentan un aspecto rosado, con líneas de pequeñas plumas rojas y negras. Las plumas de la rabadilla y coberteras de la cola son de color azul turquesa, lo mismo que las primarias, aunque éstas tienen la parte inferior de color amarillo. Las plumas rectrices pasan de un color marrón oscuro en la base a carmesí, azul verde y azul turquesa en los extremos. El iris es amarillo (pardo en los juveniles) y el pico es negro, más opaco en la mandíbula. Las patas y los dedos son de color gris oscuro (Iñigo-Elías, 2000).

1.1.4. Biología reproductiva

Se han realizado pocos estudios acerca de la biología de *Ara militaris* y en especial sobre su biología reproductiva. La temporada de reproducción de la guacamaya verde en México es muy variada y depende de la temperatura y el régimen de lluvias, que supuestamente están relacionados con la latitud, lo cual a su vez afecta la disponibilidad de alimento (Iñigo-Elias 1999). La puesta de los huevos en el noroeste de México ocurre hasta principios de abril o mayo; en la zona centro sucede entre diciembre y enero y en la zona sur del país ocurre entre los meses de noviembre a enero (Iñigo-Elias 1999). Sin embargo, observaciones hechas por Bonilla y Reyes (2006) revelaron diferencias en la fecha y duración de las distintas etapas de la temporada de reproducción en una población ubicada en la Cañada Oaxaqueña, en el sureste de la República Mexicana.

Esta especie puede anidar tanto en oquedades de árboles, como en cavidades sobre paredes calcáreas de cañones y acantilados (Boucard 1878; Gardner 1971; Rowley 1984; Carreón-Arroyo 1997). En estado silvestre se estima que sólo entre el 19 y el 30% de la población logra reproducirse con una productividad de 1 a 1.5 volantones por temporada y que los juveniles alcanzan la madurez sexual hasta los tres o cuatro años de edad. No se sabe si las parejas se reproducen cada año o cada dos, aunque en cautiverio se ha observado que sí lo hacen cada año (Thomsen *et al.* 1996; Iñigo-Elias 1999). Muchos nidos fracasan al ser saqueados por humanos, así como por otros depredadores, tormentas que destruyen los sitios de anidación, enfermedades, parásitos y competencia por cavidades con otras aves o con abejas africanizadas (Iñigo-Elias 1999).

En la planicie costera del pacífico, la guacamaya verde utiliza principalmente tres especies de árboles para anidar: *Enterolobium cyclocarpum* (Parota), *Tabebuia donnell-smithii* (primavera) y *Bursera simaruba* (palo mulato). Los nidos no presentan materiales de construcción adicionales como ramas u hojas, sino que están formados de pedazos de madera podrida o carcomida por las mismas guacamayas y otras aves e insectos. Cuando los nidos son ubicados sobre paredes de acantilados están formados por arena y grava del lugar (Carreón-Arroyo 1997; Loza-Salas 1997). La nidada está compuesta por 3 huevos en

promedio (1-6) de forma elíptica y color blanco, con un peso de 32g y dimensiones de 52 x 36mm (Carreón-Arroyo 1997; Thomsen *et al.* 1996).

1.1.5. Problemática de conservación

El estado de conservación de los psitácidos mexicanos es alarmante, pues de las 22 especies registradas en la República Mexicana, 19 se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2002 (SEMARNAT, 2002). Entre ellas, es particularmente grave la situación de la guacamaya verde que actualmente se encuentra en la categoría de Peligro de Extinción, debido a diversos factores que afectan la viabilidad de sus poblaciones como la pérdida y la fragmentación de sus hábitats, su amplia aceptación como mascota y el bajo nivel económico de las personas que viven en sus zonas de reproducción, lo que propicia la captura de adultos y crías para el comercio ilegal, entre otros (Loza-Salas 1997; Iñigo-Elias 1999). Además, la guacamaya verde es considerada como vulnerable (categoría VU A2cd+3cd) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2006) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), la ubica dentro del apéndice I, donde se encuentran las especies con mayor grado de amenaza y peligro de extinción, por lo que su comercio internacional legal se encuentra sumamente restringido (CITES 2006).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Describir la biología reproductiva de la colonia de *Ara militaris* que habita la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

2.2. Objetivos específicos:

- Conocer la temporada reproductiva de la especie en la Cañada Oaxaqueña.
- Describir las diferentes etapas del ciclo reproductivo.
- Determinar el éxito reproductivo a nivel de nido, de las parejas reproductoras durante la temporada 2004.
- Definir un método que permita conocer y monitorear la productividad de la colonia reproductiva a largo plazo.
- Aportar información útil en el diseño de una estrategia para la conservación de la especie en la zona de estudio.

3. JUSTIFICACIÓN

Desde que se registró una población de *Ara militaris* en el noroeste de Oaxaca, se iniciaron estudios sobre diversos aspectos de su biología (Salazar 2001; Aguilar *et al.* 2003; Bonilla *et al.* 2004, Bonilla y Reyes 2006). Por el número de individuos hasta ahora observados, así como por los datos existentes en la bibliografía (Carreón-Arroyo 1997; Loza-Salas 1997; Iñigo-Elias 1999 y 2000; Pedraza *et al.* 2000), esta podría ser una de las poblaciones más grandes de guacamaya verde en México. Sin embargo se han detectado algunas actividades que podrían amenazar a la población, entre las cuales se encuentran los desarrollos ecoturísticos iniciados por comunidades locales tanto en el área de reproducción como en la zona de descanso de otoño y la fragmentación del hábitat por la construcción de una línea de transmisión eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad, que atraviesa uno de los sitios de alimentación de las guacamayas. Como una estrategia para lograr la conservación de la especie y su hábitat a largo plazo, el presente estudio aborda la biología reproductiva de una colonia de *Ara militaris* durante un ciclo anual, con la finalidad de generar información que permita establecer las bases para el monitoreo de la productividad en las próximas temporadas reproductivas.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Área de estudio

El área de estudio está enmarcada en el sur de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, al noroeste del estado mexicano de Oaxaca. El área de reproducción se ubica en la zona conocida como Cañón "El Sabino", un profundo cañón formado por paredes verticales de más de 240m de altura, localizado sobre el lecho del río del mismo nombre, a una altitud de 1000 m.s.n.m, que pertenece a las comunidades de Santa María Tecomavaca, San Pedro Jocotipac y Santa María Ixcatlán, enmarcados en los distritos de Cuicatlán y Teotitlán, dentro de la Cañada Oaxaqueña. Sus coordenadas geográficas son: 17°51'43.2"N y 97°02'37.5"W (Figura 1).

El clima de la zona es seco, muy cálido $BS_o(h')w''(w)(e)g$; con una temperatura media anual de 26°C y una precipitación media anual menor a los 600 mm. El régimen de lluvias es de verano, los meses secos van de octubre a mayo y se presenta una sequía interestival en agosto (DEGETENAL 1981; Cruz 1983; Figura 2).

Los tipos de vegetación predominantes en la zona son el bosque tropical caducifolio, el matorral xerófilo y el bosque de galería (Rzedowski, 1978).

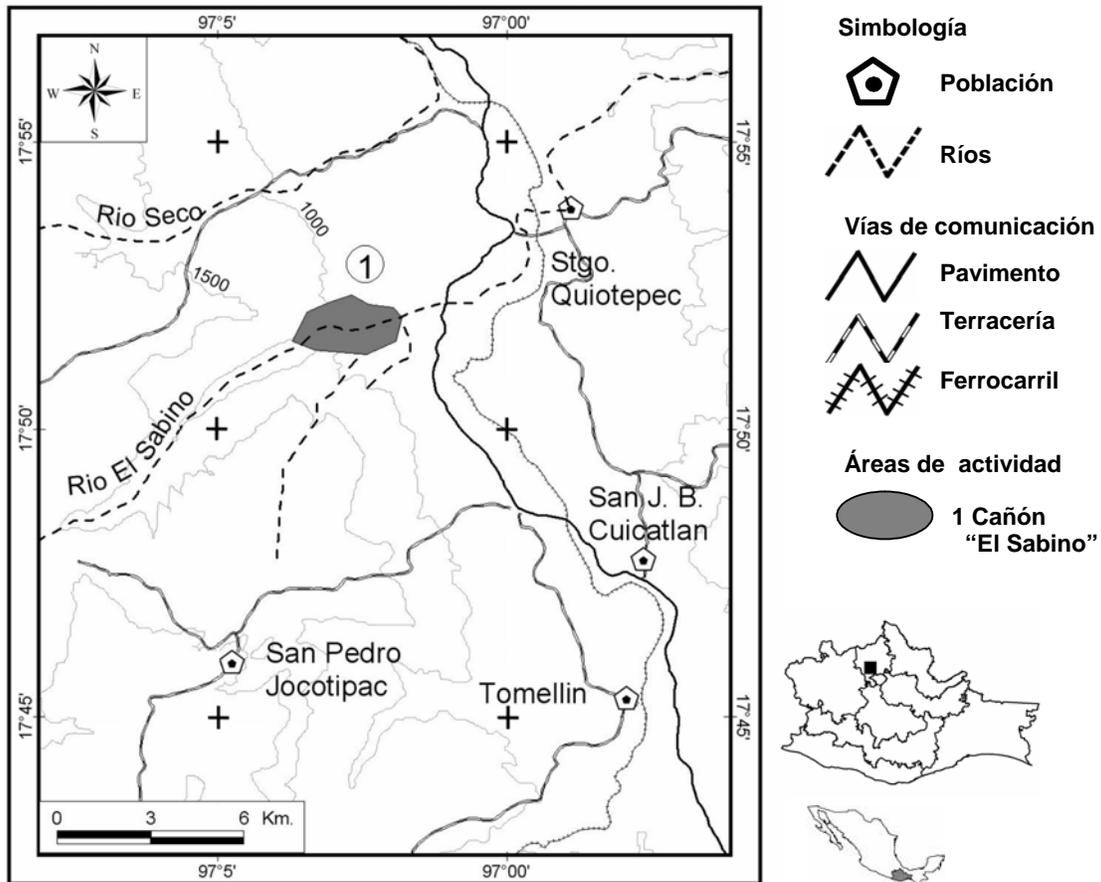


Figura 1. Localización del Cañón El Sabino, dentro de los municipios de San Pedro Jocotipac, Santa María Tecomavaca y Santa María Ixcatlán.

Uno de los factores más importantes que limitan las actividades agrícolas en los bosques de la región de Cuicatlán, es la falta de agua durante más de 6 meses. Las actividades predominantes en la región incluyen el pastoreo, que se realiza en la parte sur del cañón, la recolecta de frutos de cactáceas principalmente columnares como *Pachycereus weberi*, así como la extracción de leña para su utilización como combustible. En la zona este del cañón hay un antiguo cultivo abandonado y al oeste se localizan huertos de mango, cítricos y zonas de cultivo de maíz (Bonilla *et al.* 2004). La explotación forestal en esta comunidad es considerada de poco valor, algunos árboles como *Haematoxylum campechianum*, *Pithecellobium flexicaule* y *Prosopis* sp. son utilizados para la elaboración de carbón vegetal y como forraje (Rzedowski, 1978).

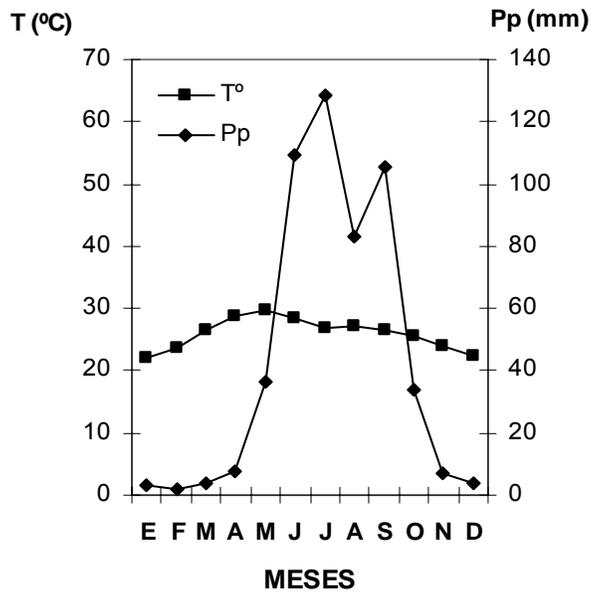


Figura 2. Diagrama ombrotérmico del distrito de Cuicatlán (estación climatológica 20-022; DEGETENAL, 1981).

4.2. Estudio preliminar

Observaciones realizadas en años anteriores por personal de la Reserva de la Biosfera Tehuacán Cuicatlán (RBTC) habían definido la existencia de dos sitios de reproducción de *A. militaris* dentro de los terrenos de la reserva, conocidos como Barranca de Los Compadres (perteneciente al municipio de Santa María Ixcatlán) y Cañón El Sabino (perteneciente a los municipios de Santa María Tecomavaca, San Pedro Jocotipac y Santa María Ixcatlán; Salazar 2001). Para confirmar el uso de estos dos sitios como zonas de reproducción y descartar la existencia de otros, de junio a diciembre del 2002 se llevaron a cabo nueve recorridos en diferentes localidades como Santiago Dominguillo, San José del Chilar, Santiago Quiotepec, Barranca de Los Compadres, Cañón El Sabino, La Huerta en Tepelmeme Villa de Morelos y San Juan Coyula, dentro de los terrenos de la reserva. Dichos sitios fueron elegidos con base en la presencia de guacamayas durante alguna época del año, la presencia de paredes con cavidades o información obtenida a través de las entrevistas informales con los habitantes de las comunidades, acerca de la presencia de guacamayas utilizando tales paredes. Los resultados de los recorridos corroboraron a la barranca de Los Compadres y al Cañón El Sabino como los dos únicos sitios potenciales de reproducción. Para mayores detalles consultar el informe de Aguilar *et al.* 2003, que es el antecedente del presente estudio.

Durante junio y julio del 2002 se realizaron tres visitas simultáneas a la Barranca de Los Compadres y al Cañón El Sabino, localidades potenciales de anidación,

con la finalidad de confirmar la presencia de guacamayas, registrar datos de su comportamiento y datos geográficos; dichas visitas totalizaron 27 horas de observación en cada sitio. Posteriormente, entre enero y julio del 2003 se hicieron seis visitas únicamente al Cañón El Sabino, con dos días y medio de observación/mes y un total de 113 horas para obtener los primeros datos sobre la actividad reproductiva de la guacamaya verde en dicho cañón.

4.3. Muestreo

Las observaciones realizadas entre el 2002 y el 2003 definieron como único sitio de reproducción dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán al Cañón El Sabino. Una vez definida la zona de reproducción, se inició el registro formal de la actividad reproductiva de *Ara militaris* durante el periodo del 2004. Durante enero y febrero del 2004 se realizaron visitas de un día a la zona de estudio, para describir las actividades reproductivas en sus primeras etapas. En el mes de marzo se realizó una visita de cuatro días de observación. Cuando aumento tanto la cantidad de guacamayas en la zona del cañón como el número de cavidades visitadas (abril), se estableció un campamento permanente con el fin de dedicar al menos dos días de observación para cada nido por semana.

Las sesiones de observación comprendieron entre 8 y 13 horas diarias, iniciaban entre las 0600-0700 y finalizaban a las 1800-2000 horas (horario de verano). De esta manera el esfuerzo total de muestreo fue de 1829 horas dedicadas para la observación de las 41 cavidades usadas para distintos fines, con 126 días hombre y siete observadores (tres permanentes y cuatro ocasionales), desde el 15 de enero hasta el 18 de septiembre del 2004 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Calendario de toma de datos de campo y esfuerzo de muestreo dedicado a la temporada reproductiva durante el 2004.

| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | TOTAL |
|--------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FECHA | 15 | 21 | 17-20 | 01-04 | 03-04 | 05 | 08-10 | 01 | 5 | |
| | | | | 14-17 | 06-13 | 9-14 | 16-18 | 04 | 13 | |
| | | | | 29-30 | 15-16 | 16-17 | 23-25 | 06-08 | 16-18 | |
| | | | | | 19-21 | 19 | 29-31 | 13-14 | | |
| | | | | | | 23-30 | | 20-22 | | |
| | | | | | | | | 28-29 | | |
| # HORAS OBS. | 8 | 28 | 140 | 400 | 354 | 398 | 263 | 172.5 | 65.5 | 1829 |

Para poder hacer el seguimiento de cada nido independientemente del observador y obtener el esfuerzo parental por pareja, se tomaron fotografías de

ambas paredes del cañón, sobre las cuales se marcaron las cavidades utilizadas como nidos (Macías-Caballero 1998).

Las observaciones se realizaron con binoculares de 7-24x25, desde una distancia promedio de 130 m de una pared a la otra. De acuerdo con datos de comportamiento de la colonia y con las características topográficas de la zona, obtenidos con estudios anteriores (Aguilar *et al.* 2003; Bonilla *et al.* 2004), se establecieron cuatro puntos de observación (miradores fijos) desde donde fue posible observar la totalidad de nidos detectados y registrar las actividades reproductivas de la colonia durante la temporada 2004. Las observaciones siempre se hicieron desde los mismos puntos.

El registro de las actividades reproductivas se realizó mediante observaciones directas de las cavidades existentes sobre ambas paredes del Cañón El Sabino, para detectar entrada y/o salida de aves, así como el tipo de actividad observado dentro de la cavidad (descanso, comer arcilla, dormir, incubación) o en los alrededores (percha, acicalamiento, alimentación, copula, defensa de los nidos), se trató de registrar la mayor cantidad posible de parejas. Para ello se siguieron los movimientos de las diferentes parejas desde su ingreso al cañón hasta que alguna de ellas entraba en alguna cavidad o se perdía de vista. Una vez que la pareja entraba se le asignaba un número a la cavidad visitada, la numeración fue progresiva de acuerdo con el orden de ocupación, sin importar si la cavidad se encontraba en una misma cara de la pared o en caras diferentes.

Debido a que no todas las cavidades usadas son nidos activos, se aplicaron algunos criterios de discriminación para diferenciar los nidos potenciales de los que no lo son. Los nidos potenciales se definieron de acuerdo con los criterios planteados por Macías-Caballero (1998) y Enkerlin-Hoeflich *et al.* (1999):

- 1) Cavidades en donde las aves entraban completamente, desapareciendo de la vista del observador.
- 2) Cavidades en donde entraba un individuo y salían dos subsecuentemente.
- 3) Cavidades en las cuales entraban parejas al menos en tres ocasiones diferentes a lo largo de un día completo de observación; ó
- 4) Cavidades registradas en más de tres fechas diferentes a lo largo de la temporada de anidación.

Aquellas cavidades que no se consideraron como nidos potenciales fueron:

- (1) Cavidades en las que las aves fueron observadas con poca frecuencia (menos de tres veces al día).
- (2) Cavidades en las que las aves solamente perchaban en la orilla de la cavidad pero no entraban.
- (3) O bien, cuando era evidente que solamente llegaban a satisfacer otras necesidades, como comer tierra, descansar durante las horas más intensas de calor durante el día o pasar la noche (Macías-Caballero 1998; Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999).

Los nidos definidos como fracasos de anidación fueron:

- Aquellas cavidades que a pesar de haber permanecido ocupadas durante varias semanas, presentaron una brusca disminución tanto en la frecuencia de visitas como en los tiempos de atención al nido observados.
- Posterior abandono después de la brusca disminución en la frecuencia de visitas y en los tiempos de atención observados.

Los nidos que se definieron como intentos de anidación fueron:

- Cavidades que permanecieron activas por lo menos durante seis semanas, cuyos tiempos de atención al nido observados fueron mínimos y en las que además se observó el ingreso de más de una pareja en más de una ocasión.

Se definieron como nidos largos a aquéllos que a pesar de haber producido un solo volantón a lo largo de toda la temporada, permanecieron activos durante un periodo de tiempo mayor al de la media observada en el resto.

Durante cada sesión de observación se registraron los siguientes datos: fecha, sitio de observación, observador, hora de inicio y fin de la sesión de observación, hora de entrada y salida del ave a la cavidad, número de aves observadas, comportamiento de las aves durante el ingreso o salida de la cavidad, comportamiento de las parejas reproductoras en las cercanías del nido (cópula, acicalado, alimentación o defensa del nido; cuando fue posible), horarios y dirección de desplazamiento (con brújula), presencia de otras aves haciendo uso de las cavidades existentes en el área.

4.4. Análisis de resultados

4.4.1. Esfuerzo parental

Dentro de los distintos aspectos estudiados en la biología reproductiva animal, se encuentra el monitoreo del esfuerzo parental, que se refiere al gasto de recursos por parte de los padres (tiempo o energía) dedicados al cuidado de las crías. Uno de los índices más usados para medir el esfuerzo parental en aves es la tasa de aprovisionamiento al nido, definida como el número de visitas/hora/cría ó número de visitas/hora/nidada (Tolonen y Korpima'Ki 1994; Pugsek 1995).

De esta manera, para definir el esfuerzo parental se tomaron en cuenta las horas de entrada y salida a los nidos activos, tanto de parejas como de individuos solitarios, definiéndose así el tiempo que al menos uno de los adultos permanecía dentro de las cavidades (tiempo de atención al nido).

Posteriormente, se obtuvieron los promedios semanales de este tiempo para cada nido. No se tomaron en cuenta aquellos eventos donde se observaba al ave simplemente perchada en la orilla de la cavidad, pues era evidente que no estaba incubando. La frecuencia de visitas a los nidos se estableció al tomar en cuenta sólo los eventos de entrada y se consideró cada entrada como una visita al nido, en este caso también se obtuvieron los promedios semanales (Macías-Caballero 1998).

4.4.2. Etapas del ciclo reproductivo.

Debido a que no se conoce con exactitud la variación que pudiera existir en la duración de cada etapa del ciclo reproductivo de *Ara militaris* en la zona de estudio (puesta, incubación, crianza de los polluelos) y dada la imposibilidad de realizar inspecciones directas de los nidos, se utilizaron dos métodos para definir e inferir la probable duración de cada etapa.

El primer método consideró diferentes intervalos hipotéticos de permanencia del polluelo en el nido desde la eclosión hasta el abandono del mismo (crianza; 91, 106 y 122 días, correspondientes al mínimo, al promedio y al máximo de la variación registrada en la bibliografía: Carreón-Arroyo 1997). Además se consideraron dos semanas dedicadas a la selección de la cavidad y cortejo (Iñigo-Elias 1999; Koenig 2001) y 23 días para la incubación de los huevos (Carreón-Arroyo 1997). Se realizó una cuenta en retrospectiva, al tomar como último día de anidación la fecha en que se observó la salida del volantón (Navarro y Bucher 1990; Macías-Caballero 1998) y se consideró que éste permanece en el nido 91, 106 ó 122 días después de la eclosión. En estos casos, para inferir los probables días de avance que llevaba el nido en el momento en que se iniciaron las observaciones en cada uno, se sumaron los días de incubación del huevo más los días de crianza del polluelo, para obtener el tiempo propuesto transcurrido desde la puesta del huevo hasta la salida del volantón (*tiempo de cuidado a la nidada*). Después, se restó el tiempo que permaneció activo el nido, desde el primer día de observación hasta la fecha en que se registró la salida del volantón al tiempo de cuidado a la nidada, para inferir los posibles días de avance y la etapa en que pudiera haberse encontrado cada nido en el momento en que empezaron a observarse.

El segundo método fue la combinación de los tiempos de atención al nido observados con la frecuencia de visitas a los mismos. En algunos psitácidos como el periquito de rabadilla verde (*Forpus passerinus*), el perico de Puerto Rico (*Amazona vittata*) y el loro de corona lila (*Amazona finschi*), se ha observado que durante la fase de incubación y primeros días de eclosión del huevo, al menos uno de los adultos permanece la mayor parte del día en el nido, para mantener la temperatura óptima ya sea de los huevos o polluelos recién nacidos (Beissinger y Waltman 1991; Waltman y Beissinger 1992; Wilson *et al.* 1997; Renton y Salinas-Melgoza 1999). De acuerdo con los datos anteriores, se

consideró como la semana de eclosión a aquélla que presentó la mayor cantidad de tiempo de atención al nido por lo menos de uno de los adultos. Las tres semanas anteriores a ésta se consideraron dedicadas a la incubación del huevo (23 días; Carreón-Arroyo 1997) y las dos anteriores a ésta dedicadas a la selección de la cavidad y a las actividades de cortejo (Iñigo-Elias 1999; Koenig 2001). Las semanas posteriores a la probable fecha de eclosión se consideraron dedicadas al cuidado y alimentación del polluelo en desarrollo (crianza).

Debido a que hubieron dos casos (nidos largos) en los que la variación en la etapa de crianza del polluelo fue mayor de lo mencionado en la bibliografía (30 días; Carreón-Arroyo 1997); se consideró que, a pesar de haber producido un solo volantón durante toda la temporada, es posible que haya habido más de una puesta asincrónica en ellos y que el producto de la segunda puesta haya sido el que logró sobrevivir. En estos casos, para calcular la estancia de los polluelos producto de la segunda puesta, se consideró la media de la etapa de crianza observada en el resto de los nidos \pm su desviación estándar. Para calcular la fecha de probable puesta y eclosión del primer huevo se consideró el método mencionado en el párrafo anterior, pero no fue posible determinar hasta qué fase sobrevivió.

Para determinar si el número de volantones exitosos tiene alguna relación con el tiempo de atención dedicado al nido por parte de la pareja reproductora, se calculó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman con un alfa de 0.05, mediante el paquete estadístico SPSS. Se recurrió al uso de una prueba no paramétrica debido a la naturaleza de los datos manejados, ya que no se ajustan a una distribución normal y el tamaño de la muestra es pequeño.

Para definir si la selección de los nidos es al azar o si existe alguna preferencia de las parejas reproductoras por elegir aquellas cavidades con cierta orientación, se realizó una prueba de Chi cuadrada con un alfa de 0.05.

5. RESULTADOS

Las observaciones realizadas durante el 2002, 2003 y 2004 definieron como único sitio de reproducción dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán al Cañón El Sabino. Este sitio es además una zona de descanso y alimentación utilizada por las guacamayas desde fines de enero y hasta agosto.

5.1. Cavidades activas observadas durante la temporada reproductiva.

A partir de las observaciones realizadas en ambas paredes del Cañón El Sabino, se detectaron un total de 41 oquedades usadas. De estas, 13 fueron utilizadas propiamente como nidos, 10 como sitios para descansar durante las horas más calurosas del día, 10 simplemente fueron inspeccionadas por las guacamayas, que entraban y salían inmediatamente sin realizar ningún tipo de actividad dentro y una más fue usada como dormitorio, en la cual se veía salir a las guacamayas durante la mañana y regresar al finalizar la tarde, sin recibir ninguna visita más durante el resto del día. De las 13 cavidades utilizadas como nidos, ocho fueron exitosos, ya que se observó la salida de volantones, otros dos fueron fracasos de anidación, dos cavidades más constituyeron intentos de anidación y hubo un nido cuyo estado no pudo ser definido (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diferentes usos dados por las guacamayas a las cavidades activas durante la temporada 2004.

| Tipo de actividad observada/ cavidad | No. de cavidades utilizadas |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Inspección | 10 (24.3%) |
| Descanso | 10 (24.3%) |
| Lamedero | 7 (17%) |
| Dormitorio | 1 (2.4%) |
| Nidos exitosos | 8 (19.5%) |
| Fracasos de anidación | 2 (4.8%) |
| Intentos de anidación | 2 (4.8%) |
| Estado incierto | 1 (2.4%) |
| Total de cavidades utilizadas | 41 (100%) |

5.2. Etapas del ciclo reproductivo al considerar diferentes intervalos hipotéticos de la etapa de crianza del polluelo.

El intervalo de 122 días probables de la etapa de crianza del polluelo fue el que menos se ajustó a las fechas observadas en la zona de estudio, puesto que la etapa de selección de la mayoría de las cavidades, tendría que haberse dado por lo menos a partir de la primera semana de febrero. Sin embargo, en ese mes no se observaron salidas o entradas a ninguna cavidad, a pesar de que un pequeño grupo de 12 individuos ya empezaba a arribar a la zona de anidación. De acuerdo con este intervalo, la etapa de puesta del huevo se habría dado desde finales de febrero a la segunda semana de marzo, pero durante el muestreo de marzo las únicas cavidades que recibieron visitas fueron aquellas ocupadas como dormitorios y no continuaron activas el resto de la temporada de reproducción (Figura 3A).

El intervalo de 106 días probables de la etapa de crianza del polluelo se ajustó mejor que el anterior a las diferentes fechas observadas. Sin embargo, las etapas de selección y puesta por lo menos en dos nidos, se habrían dado en fechas en que dichas cavidades aún no se encontraban activas (nidos 2 y 3). Otro problema al emplear este intervalo fue que las diferentes etapas de la anidación, no mostraron relación alguna con las observaciones de duración del tiempo de incubación y la frecuencia de visitas a los nidos (Figuras 3B, 6 y 7).

Finalmente, el intervalo de 91 días de la etapa de crianza del polluelo se ajustó bien a las fechas de las etapas de selección de cavidades de seis nidos, aunque en dos está ligeramente desfasada; por dos semanas en el nido 2 y dos semanas y media en el 7' (Figura 3C). Las fechas de probable puesta del huevo y salida de los volantones del nido se ajustaron bien a las observaciones de tiempo de atención al nido y frecuencia de visitas (Figuras 6 y 7). Sin embargo, a pesar de que este intervalo fue el que presentó la mejor relación con los eventos observados en la zona de estudio, tiene la desventaja de no mostrar la variación ocurrida en cada nido durante la etapa de crianza del polluelo.

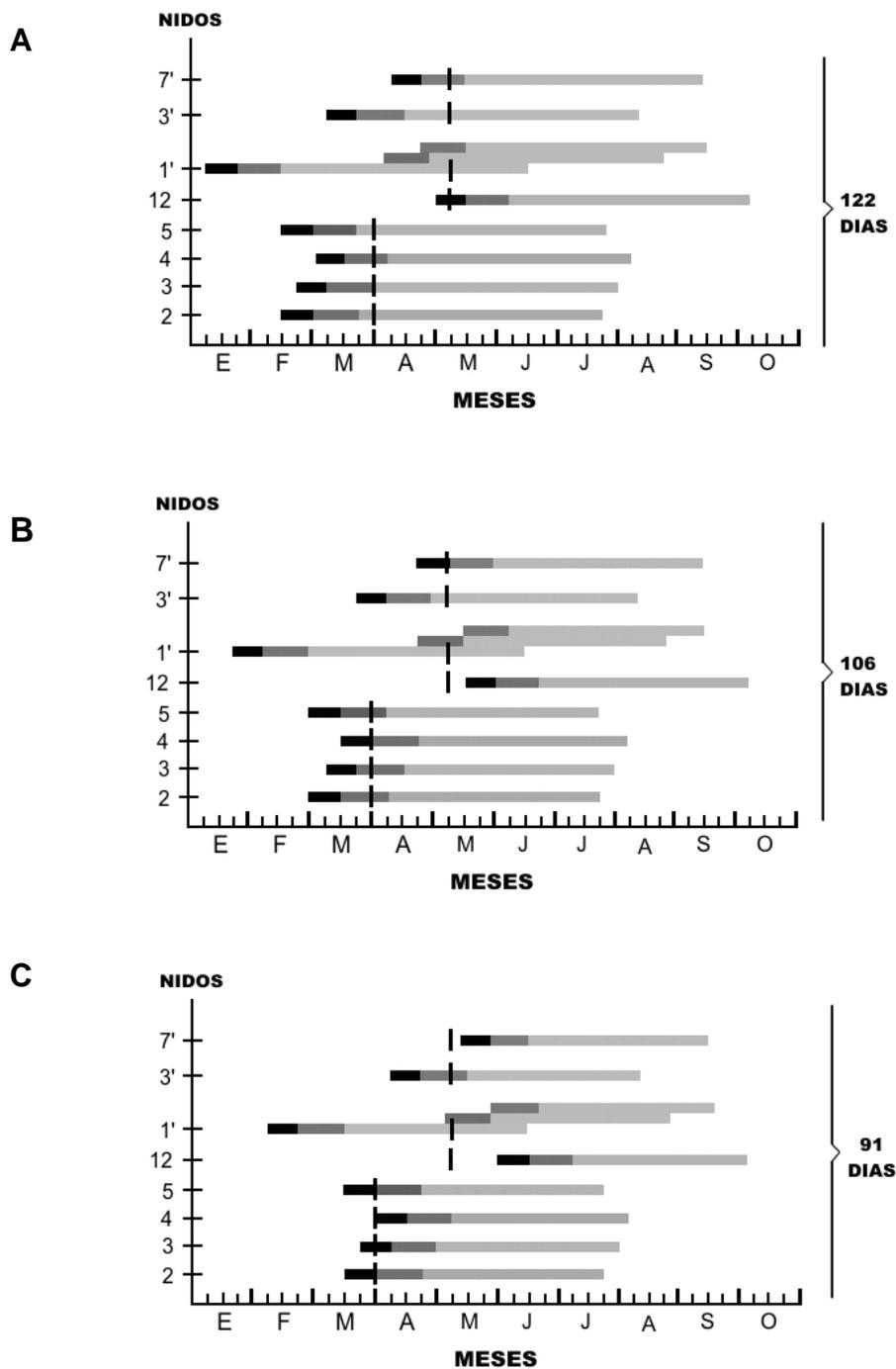


Figura 3. Duración de cada etapa del ciclo de anidación en los nidos exitosos de *Ara militaris*, al considerar diferentes intervalos de la etapa de crianza del polluelo.

■ Selección de cavidades; ■ incubación del huevo; ■ crianza del polluelo; | inicio de observaciones intensivas en la zona.

5.3. Etapas del ciclo reproductivo al considerar una combinación de los tiempos de atención al nido observados, con la frecuencia de visitas.

Se observó una tendencia a aumentar el tiempo de atención al nido, así como la frecuencia de visitas, entre la 11a y 14a semana de permanencia, de manera general en todos los nidos (tanto los exitosos como los abandonados), por lo que se definió la eclosión entre dichas semanas. Después de este evento hubo una tendencia a disminuir el tiempo de atención a los nidos por parte de los adultos, sobre todo durante las últimas semanas; en cambio, la frecuencia de visitas permaneció casi constante hasta el final de la temporada (Figuras 4 y 5).

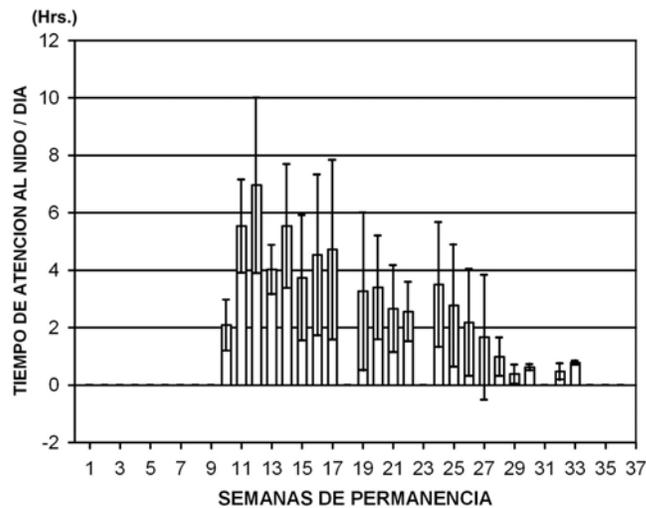


Figura 4. Medias diarias con su desviación estándar de los tiempos de atención observados en todos los nidos de *Ara militaris*, a lo largo de la temporada reproductiva 2004.

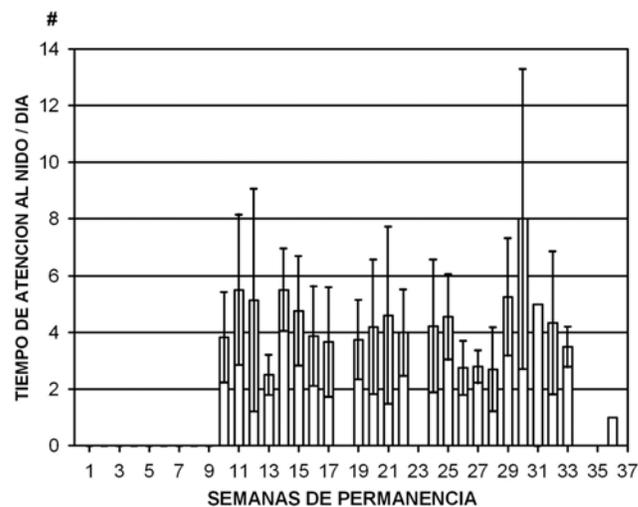


Figura 5. Medias diarias con su desviación estándar de las frecuencias de visitas observadas en todos los nidos de *Ara militaris*, a lo largo de la temporada reproductiva 2004.

De esta forma, seis de los ocho nidos exitosos (2, 3, 4, 5, 1' 3'), se ajustaron al patrón en el cual se definió la probable eclosión del huevo durante la semana con mayor tiempo de atención observado en el nido. En estos casos se consideró que tres semanas anteriores a este evento fueron dedicadas a la incubación del huevo y dos semanas anteriores a la incubación se dedicaron a la selección de la cavidad y actividades de cortejo. Se definió que en las semanas posteriores a la fecha de eclosión, se llevó a cabo el cuidado y alimentación del polluelo en desarrollo. De esta manera, la etapa de crianza del polluelo varía desde 70 días en el nido 2; 84 días en los nidos 3 y 3'; 91 días en el nido 5 y 98 días en los nidos 1' y 4 (Figura 6). Como se puede observar, una ventaja de este método es que muestra la variación ocurrida durante la etapa de crianza de los polluelos, además que permite inferir si el volantón que sale del nido es producto de la primera puesta o de las posteriores.

El nido que tuvo la mayor productividad de la temporada 2004 fue el 1', con tres volantones, además de haber sido observado durante más tiempo (24 semanas) desde su ubicación hasta la salida del último volantón. Este nido representa una prueba de que la incubación de los huevos y salida de los volantones en la zona de estudio fue altamente asincrónica, ya que presentó un lapso de 73 días entre la salida del primer y el segundo volantón y de 24 días entre la salida del segundo y el tercero. Solo para el segundo polluelo se pudo calcular la probable duración de la etapa de crianza (98 días); a partir de este dato se infirió que el primer y el tercer polluelo permanecieron en el nido el mismo lapso de tiempo, de modo que se definió que este nido fue el primero que inició las actividades reproductivas en la zona (entre el 29 de enero y el 11 de febrero), permaneciendo activo un total de 34 semanas desde la selección de la cavidad hasta la salida del último volantón (Figuras 6F y 8). Esto significa que en el momento en que se iniciaron las observaciones de este nido, ya llevaba un avance de 14 semanas.

Por otro lado, hubieron dos nidos (7' y 12) con un periodo de actividad muy largo durante la temporada reproductiva, al presentar 19 y 22 semanas de observación cada uno y una productividad de solo un volantón por nido. Al contabilizar los días transcurridos desde la semana de eclosión hasta la fecha de salida del volantón, hubo un lapso de duración de la etapa de crianza del polluelo de 112 y 119 días respectivamente (Figuras 7A y 7B). Sin embargo este largo periodo corresponde a un intervalo de tiempo mayor al registrado en bibliografía, puesto que la variación encontrada por Carreón-Arroyo (1997) en la población de Jalisco es de 31 días (90-122 días; mínimo y máximo de duración en la etapa de crianza del polluelo), mientras que la de aquí es de casi 50 días (70-119 días; mínimo y máximo de duración de la etapa de crianza del polluelo).

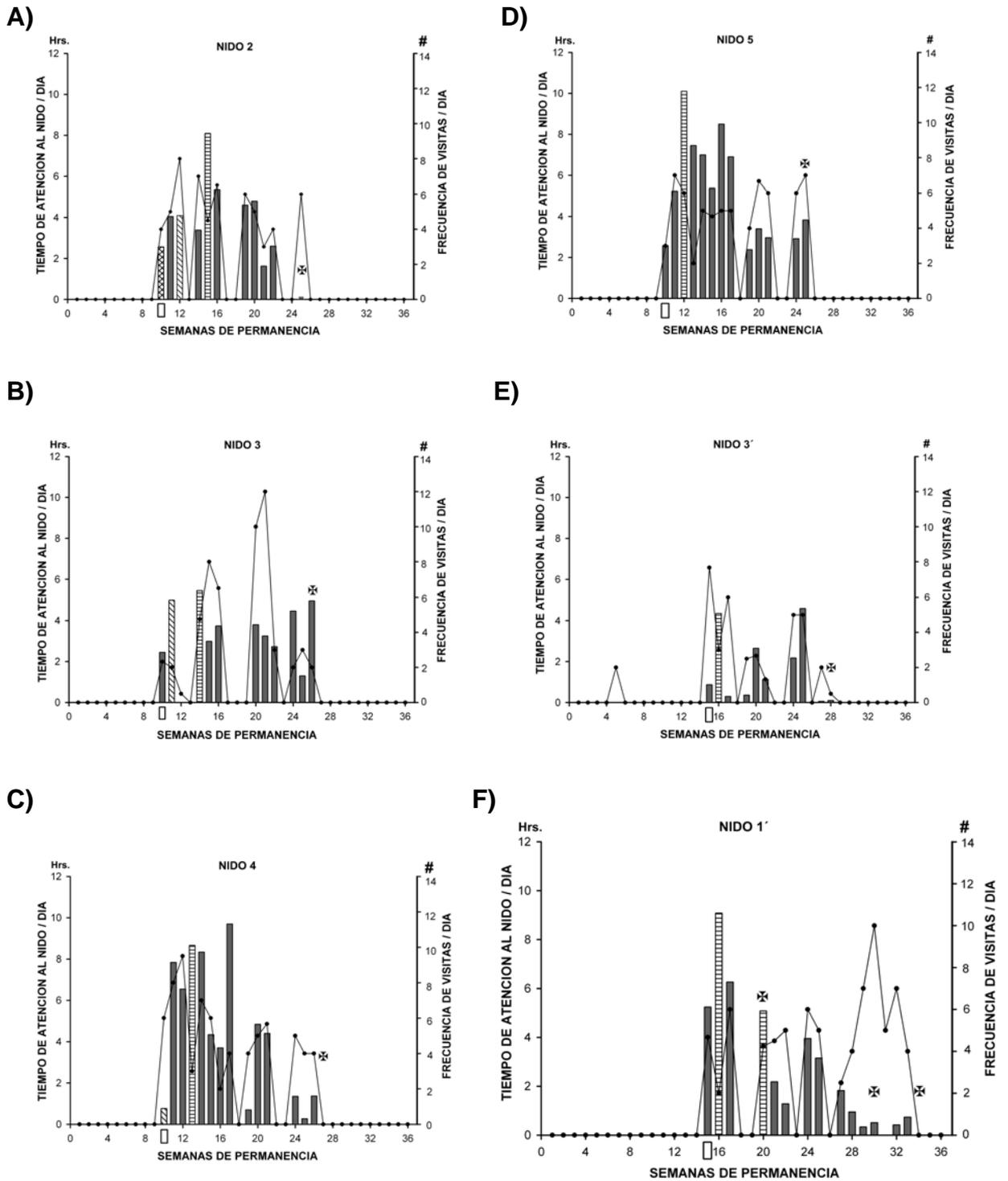
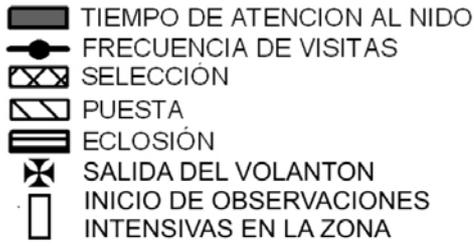
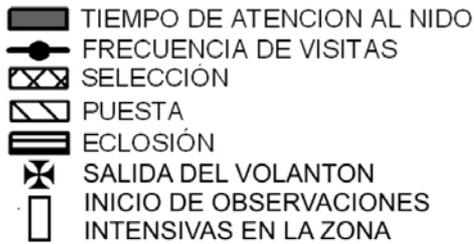
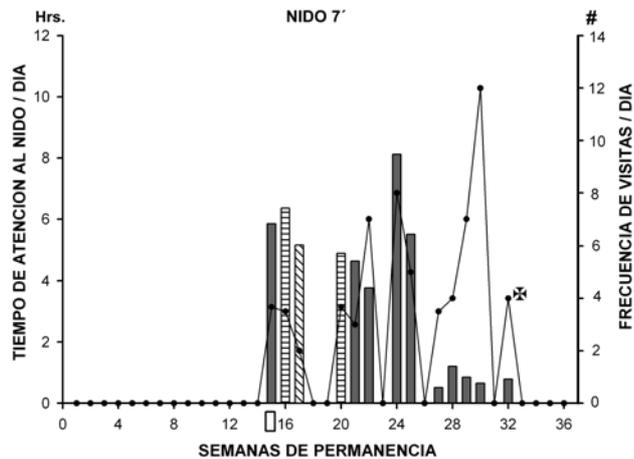


Figura 6. Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en los nidos de *Ara militaris* con uno y tres volantonés en la Cañada Oaxaqueña, durante el 2004.

La prolongación de este periodo podría indicar que en dichos nidos hubo dos puestas asincrónicas como en el nido 1', con la eclosión del primer huevo durante la primera semana de mayor tiempo de atención dedicado al nido, pero que dichos productos pudieron haberse perdido sin llegar a término, por lo que finalmente el segundo volantón sería el que sobrevivió y logró salir del nido. Al considerar la media de la etapa de crianza de los polluelos observada en los otros casos y su desviación estándar, se infirió que la etapa de crianza en estos nidos tuvo una duración probable de 87.5 ± 10 días (D.S.; Figuras 7A, 7B y 8).



A)



B)

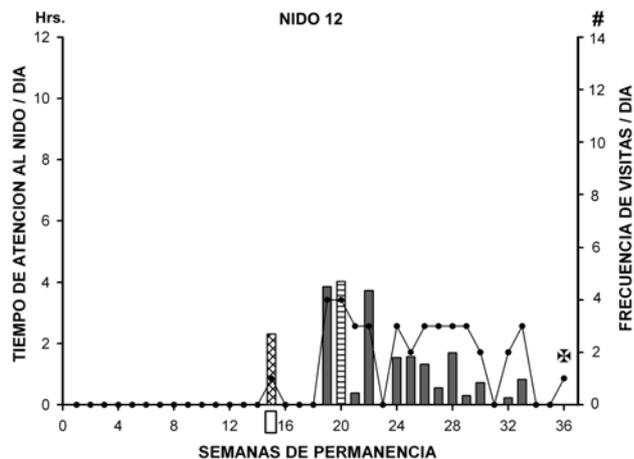


Figura 7. Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en los nidos de *Ara militaris* con dos puestas asincrónicas en la Cañada Oaxaqueña durante el 2004.

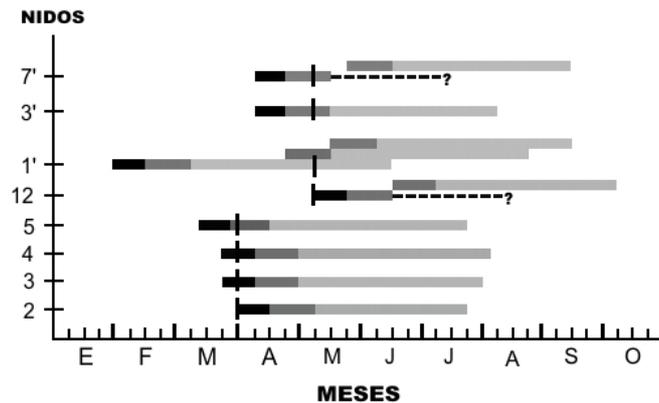


Figura 8. Probable duración de cada etapa del ciclo de anidación en los nidos exitosos de *Ara militaris* en la Cañada Oaxaqueña, de acuerdo con el método que combina tiempos de atención al nido con la frecuencia de visitas durante el 2004.

■ Selección de cavidades; ■ incubación del huevo; ■ crianza del polluelo; | inicio de observaciones intensivas en la zona.

De los nidos que fueron abandonados por razones desconocidas, el 4' y 11 se definieron como fracasos de anidación debido a que a pesar de haber permanecido activos durante 10 y 6 semanas respectivamente, no se observó salida de volantones en ninguno de los dos casos. El nido 4' se podría deducir que fracasó con una cría de aproximadamente seis semanas de desarrollo, que probablemente eclosionó entre el 6 y 12 de mayo del 2004. Las visitas que recibió entre el 14 y 30 de junio fueron de escasos segundos ($\bar{x} = 0.75$ min/día) y en los últimos minutos del día se observó entrar a la pareja para dormir dentro de la cavidad; por otro lado, la única visita recibida durante su última semana también fue en los últimos minutos del día, cuando la pareja ingresó solo para dormir (Figuras 9 y 10A). Por su parte, el nido 11 presentó problemas tres semanas después de la probable eclosión (20-26 mayo), pues a pesar de haberse observado tiempos de incubación normales durante dicha semana ($\bar{x} = 6.15$ hrs/día), las visitas recibidas en la última semana de actividad fueron mínimas, con escasos $\bar{x} = 0.04$ hrs./día de tiempo dedicado al nido (Figuras 9 y 10B).

Los nidos 2' y 6' se definieron como probables intentos de anidación por el escaso tiempo promedio invertido en ellos (1.98-3.08 hrs/día.; $\bar{x} = 2.59$ hrs./día, n=5; nido 2' y 0.05-0.9hrs/día; $\bar{x} = 0.43$ hrs./día, n=5, nido 6'), además que en varias ocasiones se vio entrar a más de una pareja en estos nidos y a las parejas ocupantes de los mismos se les observó ingresar en otras más (Figuras 9; 10C y 10D).

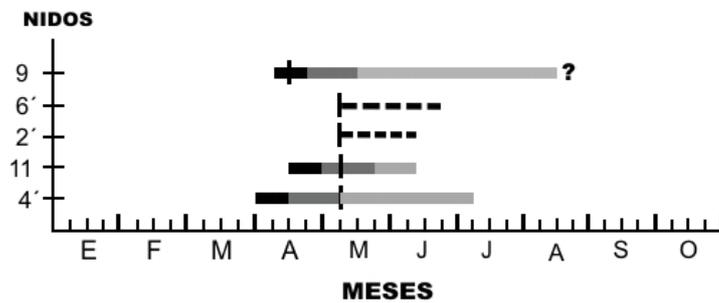
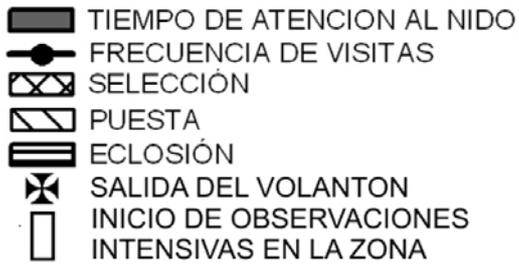


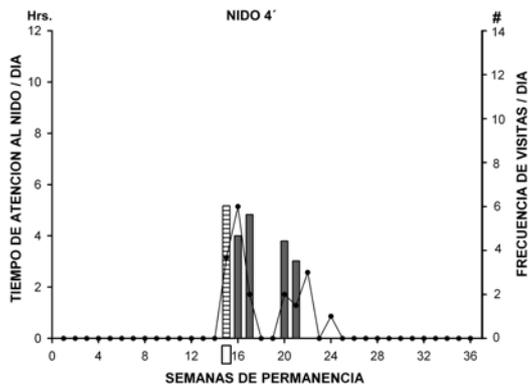
Figura 9. Probable duración de cada etapa del ciclo de anidación en los nidos abandonados de *Ara militaris* en la Cañada Oaxaqueña, de acuerdo con el método que combina tiempos de atención al nido con la frecuencia de visitas durante el 2004.

■ Selección de cavidades; ■ incubación del huevo; ■ crianza del polluelo; | inicio de observaciones intensivas en la zona.

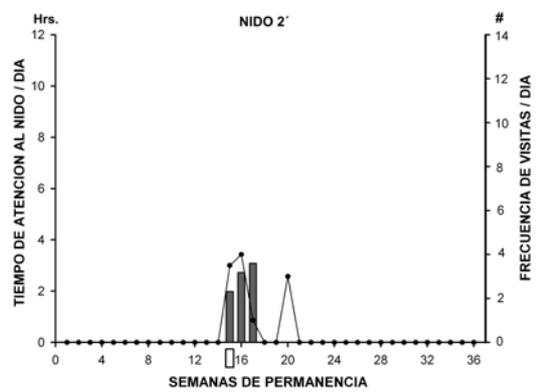
En el nido 9 se observaron varios eventos que hicieron imposible determinar su éxito, aún cuando permaneció activo durante 18 semanas de observación, en las que recibió visitas repetidas con tiempos considerables de atención. Durante la semana de probable eclosión (12-18 mayo) se detectaron peleas por la defensa del nido de la pareja incubadora, el 17 de junio se registró la entrada de un zopilote en dos ocasiones, lo que podría ser un indicio de la muerte del polluelo a una edad aproximada de 35 días; una semana después se observó el ingreso de más de una pareja al nido. Otro indicio de la probable muerte del polluelo fue una disminución en el tiempo invertido por los adultos dentro de la cavidad, pues de las $\bar{x} = 7.71$ hrs./día de atención observadas antes de la entrada del zopilote, el tiempo disminuyó a $\bar{x} = 2.98$ hrs./día durante la semana en que entró el zopilote y $\bar{x} = 1.25$ hrs./día la semana posterior a la entrada del mismo. Sin embargo, a pesar de estos eventos la pareja continuó sus visitas al nido, de manera que el tiempo de atención volvió a aumentar entre el 7 y 13 de julio, sin embargo nunca se observó la salida del volantón (Figuras 9 y 11).



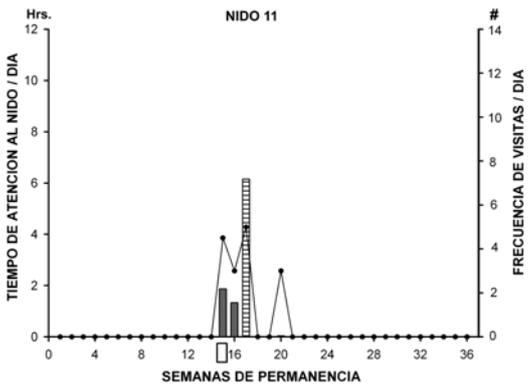
A)



C)



B)



D)

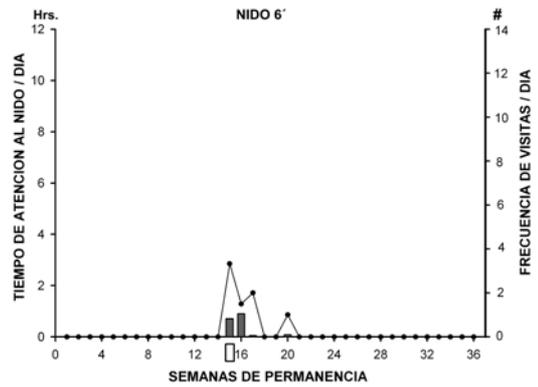


Figura 10. Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en los nidos abandonados de *Ara militaris* en la Cañada Oaxaqueña, durante el 2004

- TIEMPO DE ATENCION AL NIDO
- FRECUENCIA DE VISITAS
- SELECCIÓN
- PUESTA
- ECLOSIÓN
- SALIDA DEL VOLANTON
- INICIO DE OBSERVACIONES INTENSIVAS EN LA ZONA

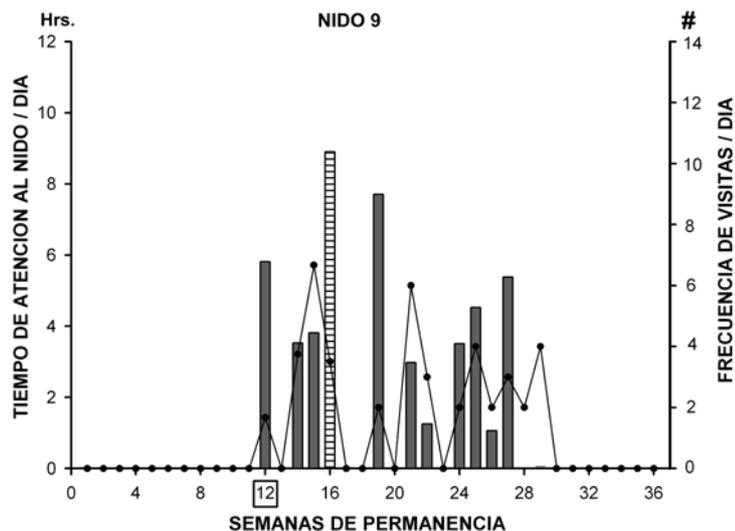


Figura 11. Tiempo de atención y frecuencia de visitas observados en el nido 9 durante el 2004.

5.4. Productividad por nido y de la colonia durante la temporada 2004.

Aproximadamente el 26% de la población total inició al menos actividades reproductivas, tales como cortejo, apareamiento e inspección de nidos. El 16% logró reproducirse exitosamente y el promedio de producción de éstos fue de 1.25 volantones por nido exitoso. De los ocho nidos exitosos siete produjeron un volantón (87.5%) y uno produjo tres volantones (12.5). De lo anterior pudo definirse una productividad total en la temporada 2004 de 10 volantones para toda la población, lo que significa un reclutamiento poblacional del 10%.

5.5. Descripción de cada etapa de la anidación

5.5.1. Cortejo.

Desde los últimos días de diciembre a enero la población de guacamaya verde que empieza a abandonar su sitio de descanso ubicado al sur de la Cañada Oaxaqueña (en la zona conocida como Barranca de las Guacamayas), se separa y se dispersa hacia sitios que aún no han sido ubicados. A partir de enero se empezó a observar la llegada de los primeros individuos al Cañón El Sabino. En febrero, el número de guacamayas que ocuparon el Cañón El Sabino empezó a aumentar (se observó un grupo de 12 individuos), pero fue

hasta el mes de marzo cuando una mayor proporción de la población arribó (42 individuos) y cuando se observaron por primera vez las actividades de cortejo.

Estas actividades incluyen el acicalamiento mutuo, la alimentación por regurgitación a la pareja, el jugueteo y desplazamiento de las parejas de una rama a otra, recorridos, ascensos, descensos y giros sobre las ramas, ya sea de uno de los miembros de la pareja o de ambos, así como quedar suspendidos de cabeza, sosteniéndose con una sola pata. Para ello se agarran con ambas patas de la rama sobre la cual están perchadas y se inclinan hacia el frente para quedar con la cabeza suspendida en el aire. Al estar en esa posición entrelazan sus picos, se acicalan las plumas de la cabeza, cuello y garganta y extienden por momentos las alas. Muchas veces ambos miembros de la pareja se sostienen con una sola pata y vuelven a su posición normal al levantar la cabeza y apoyar su pico en la rama para regresar a la posición vertical. Después, cada una se acicala por su lado para acomodarse las plumas del cuerpo. Este tipo de comportamiento fue observado desde marzo hasta junio.

5.5.2. Selección de cavidades para anidar.

La selección de cavidades para anidación fue observada desde los últimos días de enero hasta la segunda semana de mayo. Sin embargo se continuó observando la inspección de cavidades hasta el mes de julio para otros usos (lamedero, descanso; Figura 12).

5.5.3. Cópula.

El evento de la cópula se observó en 39 ocasiones de marzo a junio, siendo mayo el mes con mayor número de eventos observados (Cuadro 3). Esta actividad a grandes rasgos se desarrolla de la manera en que la describe Gaucín (1999): inicia con un intenso acicalado mutuo de las plumas del contorno del cuello. Después el macho mordisquea las plumas del cuello de la hembra y posteriormente hay alimentación por regurgitación que inicia cuando la hembra inclina el cuerpo de forma que queda a un nivel inferior al macho y acerca su cabeza al cuerpo de éste de manera suplicante, mientras el macho baja la cabeza, se inclina hacia delante y realiza movimientos con la cabeza de abajo hacia arriba, después la levanta para entrelazar su pico con el de la hembra e iniciar la transmisión de alimento. Durante este evento el macho permanece en posición vertical y solo inclina ligeramente la cabeza. Los sexos fueron determinados por el papel que desempeñó cada uno durante estas actividades, ya que no hay dimorfismo sexual.

Posteriormente, la hembra que continúa con el cuerpo inclinado al lado del macho, con una de sus patas toma una de las del macho, la levanta y la lleva hacia atrás, luego empuja ligeramente el cuerpo del macho y coloca su cabeza bajo el pecho de éste. En seguida el macho levanta su pata y la coloca sobre la región de la rabadilla de la hembra, para esto ella levanta ligeramente su ala y las plumas de la cola y al mismo tiempo ambos se inclinan lateralmente de modo que las cloacas quedan en contacto durante 0.03-4.3 min; (\bar{x} = 1.75 min; D.S= 1.30 min; N= 28). Después, cada uno empieza a girar 180° en sentido contrario, levanta las plumas de la cola en posición vertical e inclina el

cuerpo hasta apoyar el pico contra una rama, de manera que la hembra forma un ángulo de 90° con la cola levantada. Al terminar este giro quedan separados y antes de iniciar un segundo giro de retorno se reúnen. Al terminar el segundo giro y reunirse repiten la secuencia de yuxtaposición de cloacas. En ocasiones, al finalizar la copula, el macho y la hembra quedan frente a frente y se lanzan picotazos mientras levantan las alas. Posteriormente se alejan aproximadamente 50 cm uno del otro y se acicalan cada uno por su lado.

Después de la cópula, vuelven a acercarse para limpiarse el área cloacal; para esto se colocan en sentidos contrarios de manera que se limpian las cloacas al mismo tiempo al ponerse en posición cabeza-cola, cola-cabeza. Para la limpieza de las cloacas cada una de ellas desliza el pico por toda el área de la pluma de la cola que están limpiando, iniciando desde la base hasta llegar a la punta, posteriormente toman otra pluma y repiten la operación.

Cuadro 3. Número de observaciones de cópula y alimentación por regurgitación registradas por mes.

| MES | EVENTO REPRODUCTIVO | |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|
| | CÓPULA | ALIMENTACIÓN POR REGURGITACIÓN |
| MARZO | 1 | 0 |
| ABRIL | 8 | 9 |
| MAYO | 28 | 11 |
| JUNIO | 2 | 3 |
| JULIO | 0 | 2 |
| AGOSTO | 0 | 11 |
| TOTAL DE EVENTOS OBSERVADOS | 39 | 36 |

5.5.4. Alimentación por regurgitación.

La alimentación por regurgitación incluye la transmisión de alimento tanto a la pareja como a las crías. Esta actividad pudo observarse desde abril hasta agosto. Nuevamente mayo fue el mes con mayor incidencia de este comportamiento (Cuadro 3). Las observaciones de alimentación de abril hasta junio fueron del macho hacia la hembra. En julio se observó por primera vez la alimentación de uno de los padres a su cría y en agosto todas las observaciones de regurgitación fueron de adultos hacia sus crías.

Algunas plantas sobre las que percharon las guacamayas durante las observaciones de alimentación, acicalado y cópula fueron: *Plumeria rubra*, *Cyrtocarpa procera*, *Bursera submoniliformis*, *B. cinerea*, *Amphyterigium adstringens* y *Neobuxbaumia tetetzo*.

5.5.5. Puesta de los huevos.

En la presente zona de estudio la probable puesta de los huevos pudo definirse desde la segunda semana de febrero hasta la segunda de junio (Figura 12). En otras palabras, la puesta de huevos en esta población es totalmente asincrónica.

5.5.6. Incubación.

El periodo de incubación de la población de *A. militaris* que habita la Cañada Oaxaqueña al parecer ocurre desde la segunda semana de febrero y se extiende probablemente hasta la primera semana de julio.

5.5.7. Crianza de los polluelos.

De acuerdo con los datos obtenidos a través del método que combina los tiempos de incubación con la frecuencia de visitas a los nidos, en la zona de estudio el tiempo dedicado a la crianza de los polluelos tiene una variación de 70 a 98 días, con una $\bar{x} = 87.5 \pm 10$ días (D.S.).

5.5.8. Salida de los volantones.

Este fue el evento que definió el éxito de las parejas reproductivas, así como la productividad por nido. Se observó a partir de la segunda semana de junio hasta la primera de octubre, cuando se dio la salida del último volantón de la temporada 2004 (Figura 12). Al abandonar el nido, los volantones presentan un aspecto que difiere ligeramente del de los adultos: en general su coloración corporal es la misma, sin embargo, la longitud, forma y coloración de la cola es diferente, pues es aproximadamente la mitad del largo de la cola del adulto, de forma truncada no puntiaguda como en el adulto y con las plumas cobertoras superiores e inferiores que en el adulto dan una coloración roja a la base de las plumas de la cola apenas es notoria.

Una vez que los volantones abandonan el nido, ni ellos ni los adultos vuelven a ocupar la cavidad; sin embargo días después de salir del nido, se les vio rondar en la zona de anidación. Por otro lado, la primera cría que abandonó el nido que produjo tres volantones regresó a la zona de anidación acompañada de los adultos en varias ocasiones. Incluso se le vio acompañar a la segunda cría una vez que ésta salió del nido, sin embargo a pesar de regresar a la zona de anidación tampoco volvieron a ocupar el nido.

De acuerdo con los eventos descritos anteriormente, la temporada reproductiva de la población de *Ara militaris* que habita la Cañada Oaxaqueña tiene una duración de nueve meses, inicia a principio de febrero y culmina en octubre, cuando los últimos volantones realizan sus primeros vuelos y se preparan, junto con el remanente de la población que para esas fechas permanece en el cañón, para la migración hacia sus terrenos de otoño en el sur de La Cañada Oaxaqueña (Figura 12). Cuando el último volantón de la temporada 2004 abandonó el nido en octubre, sus padres eran los últimos individuos que aún permanecían en el Cañón El Sabino, mientras que el resto de la población ya se había trasladado meses antes a la Barranca de las Guacamayas ubicada en San José del Chilar.

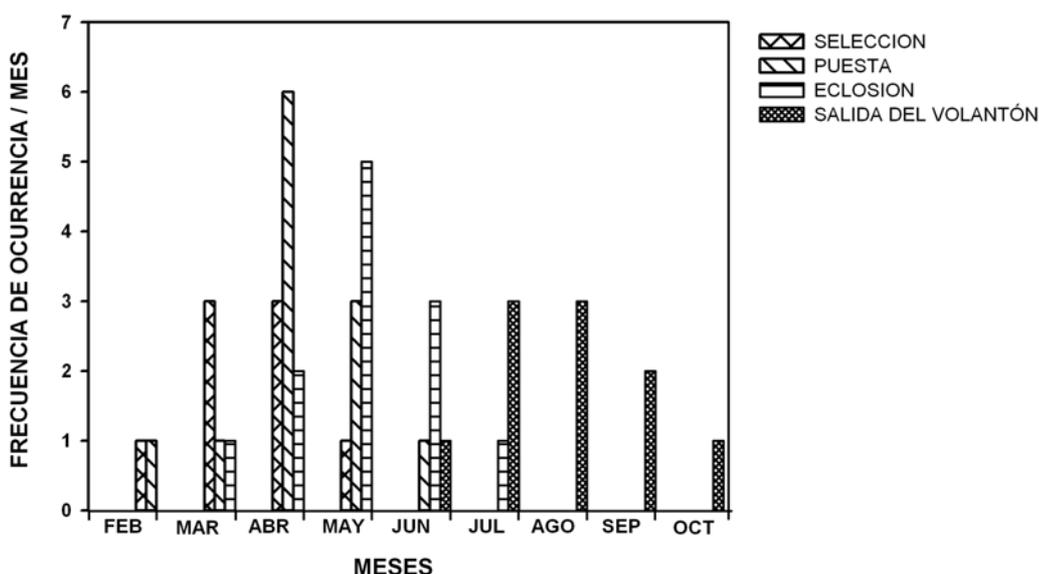


Figura 12. Etapas del ciclo reproductivo observado en la población de *Ara militaris* de la Cañada Oaxaqueña, durante la temporada 2004. El eje vertical muestra el número de eventos ocurridos en cada mes.

5.5.9. Depredadores potenciales y competencia por cavidades con otras aves.

En la zona de reproducción se observó la presencia de varios depredadores naturales que podrían afectar el éxito reproductivo de *Ara militaris*, los cuales fueron voladores y terrestres. Entre los depredadores terrestres se observó a la iguana verde (*Iguana iguana*), que podría actuar en determinado momento como saqueadora de huevos (Barragán 1988; Marini y Melo 1998; Salgado-Ortiz *et al. en prensa*), puesto que durante la última semana de desarrollo del nido 5 (16/julio) se observó a un individuo de *I. iguana* merodeando cerca de la zona del nido, al detectarla la pareja incubadora que se encontraba en su percha emitió numerosos llamados de alerta, mismos que dejó de emitir hasta que la iguana se alejó de la zona.

Entre los depredadores voladores se encontraron principalmente aves rapaces, de las cuales se observaron cuatro especies: *Buteo jamaicensis*, *B. swainsoni*, *Buteogallus anthracinus* y *Herpetotheres cachinnans*; además del cuervo (*Corvus corax*) y el zopilote de cabeza roja (*Cathartes aura*). El aguililla de cola roja (*Buteo jamaicensis*) representa una amenaza para la especie debido a la competencia por cavidades para anidación y por el ataque en vuelo hacia adultos, ya que en el extremo este del cañón se observó a un polluelo de *B. jamaicensis* en su nido el 16 de mayo del 2004, además de ser la especie que más veces fue observada atacando a las guacamayas en vuelo (n= 10); sin embargo, en ninguno de los ataques observados tuvo éxito, pues las guacamayas al percatarse de que uno de sus compañeros es perseguido comienzan a volar en grupos de entre 2 hasta 40 individuos y se lanzan en

persecución del aguililla emitiendo numerosos llamados de alarma, hasta que aquella desiste de su intento.

Otra rapaz observada en la zona fue el aguililla de Swainson (*Buteo swainsoni*) que junto con *B. jamaicensis* son las rapaces de mayor tamaño en el área y también fue observada atacando a los adultos en una ocasión. *B. jamaicensis* también atacó a cuervos (n= 6) y zopilotes (n=1) durante el mes de abril y junio; por su parte *B. swainsoni* atacó a un cuervo en una ocasión. El aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*) y el halcón guaco (*Herpetotheres cachinnans*) fueron otras rapaces que se observaron sobrevolar el área de anidación durante los meses de abril, mayo y julio, sin embargo no se observaron ataques de estas hacia las guacamayas. Finalmente, el milano de pico ganchudo (*Chondrohierax uncinatus*) también ocupa el Cañón El Sabino en algún momento del año, puesto que el 13 de marzo del 2003 se observó una pareja escudriñar la ramas de una *Ceiba aesculifolia* sobre las paredes del cañón; en aquel momento también se encontraba una guacamaya solitaria posada en las ramas de otro árbol muy cercano; sin embargo y a pesar de la cercanía de ésta, la pareja de milanos no intentó atacarla.

Otras aves que compiten por cavidades para anidar y que habitan en la zona de reproducción son el cuervo (*Corvus corax*) y el zopilote de cabeza roja (*Cathartes aura*), el primero fue observado en su nido en la zona Noroeste del cañón el 01 de abril del 2004 y un nido del segundo fue detectado el 19 de marzo del mismo año. Estas dos especies a su vez son depredadores potenciales de huevos y crías puesto que durante la primera semana de desarrollo del polluelo del nido 3 se observó a un cuervo asomarse a la cavidad cuando los padres no se encontraban dentro; sin embargo, este simplemente se paró en la entrada durante dos segundos y salió inmediatamente, después de dicho evento el nido continuó recibiendo visitas de manera normal; por otro lado, durante la séptima semana de observación del nido 4' se vio a uno de los ocupantes ahuyentar a un cuervo que inspeccionaba cavidades cercanas al nido, en dos ocasiones durante la mañana. Por su parte, el zopilote de cabeza roja fue el probable causante de la pérdida del nido 9 al observarse ingresar y permanecer dentro por varios minutos.

5.6. Orientación de los nidos en las diferentes paredes del Cañón El Sabino.

Los nidos se localizaron en ambas paredes del cañón, uno con orientación norte, tres con orientación este y nueve con orientación sur, a alturas superiores a los 150 m. Al realizar la prueba de Chi cuadrada se encontró que existe una clara preferencia en la elección de los nidos orientados hacia el sur ($\chi^2 = 8.06$; g.l.= 2; p= 0.017). De esta manera se acepta la hipótesis alternativa que dice que la selección de los nidos no es al azar.

5.7. Análisis de la productividad por nido

Al calcular el coeficiente de correlación de Spearman entre el número de volantones exitosos y el tiempo de atención dedicado al nido por parte de la pareja incubadora, el resultado mostró que existe una correlación positiva entre

ambas variables ($r_s = 0.531$, $p = 0.031$, prueba de una cola, $N=13$; Figura 13). Es decir, se acepta la hipótesis alternativa que dice que hay un incremento en el número de volantones al aumentar el tiempo de atención que la pareja reproductora dedica al nido

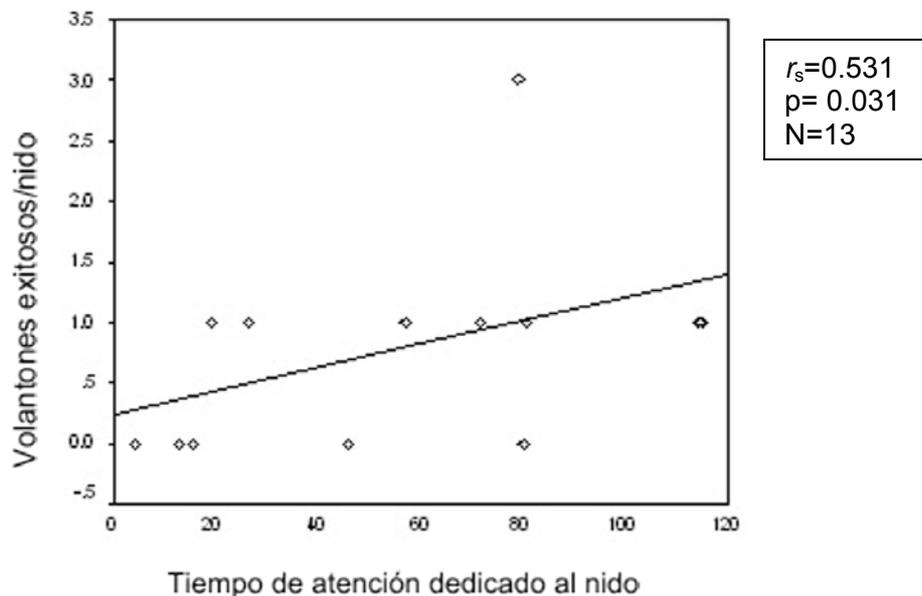


Figura 13. Gráfico de la correlación entre el número de volantones exitosos y el tiempo de atención dedicado al nido.

6. DISCUSION

Desde los trabajos de Rowley (1984) y Gardner, (1971), se aceptaba la observación de Boucard (1878) en relación a que *Ara militaris* utiliza huecos en riscos y cañones para anidar; sin embargo, a la fecha este es el primer trabajo dedicado a registrar la reproducción de esta especie anidando directamente en cavidades sobre paredes de acantilados.

Durante la toma de datos en campo se presentaron algunos problemas con las observaciones de los nidos; uno de ellos corresponde al cambio continuo de observadores y a la difícil ubicación del nido, factores que provocaron que algunos movimientos pasaran desapercibidos debido a la falta de familiaridad con el sitio de observación. Otro problema es resultado del comportamiento cauteloso de algunas parejas (cuyo ingreso y abandono del nido eran en silencio), lo cual provocó que algunas entradas y salidas no fueran registradas. Esto puede significar que la magnitud de los tiempos de atención al nido y el número de visitas registrados hayan sido subestimados. Un tercer problema de nuestras observaciones es que no todos los nidos fueron observados desde sus primeros días, por lo que en algunos casos desconocemos el esfuerzo parental al inicio, este hecho determinó que el patrón observado en las gráficas de dichos nidos se encuentre desplazado hacia la izquierda.

Por las razones anteriores, el segundo periodo de máximo tiempo de atención observado en el nido 4, así como la alta variación en el tiempo de atención registrado en el 3' podrían deberse tanto al cambio de observadores como a la ubicación del nido respectivamente (Figuras 6C y 6E). Además, los bajos tiempos de atención registrados en el nido 12, en comparación con el resto de los nidos, podría ser resultado del comportamiento cauteloso de la pareja, cuyas entradas y salidas del nido fueron la mayor parte de las veces en completo silencio (Figura 7B). Estos problemas provocaron que los tiempos de atención y frecuencias de visitas observadas a diario en los nidos de manera general fueran subestimados, sin embargo el número total de días que cada nido permaneció activo no fue afectado, ya que el resultado de cada uno fue corroborado por la observación de la salida de los volantones o su abandono en su defecto, con lo que se confirmó el tiempo de permanencia total de cada nido.

Estos aspectos de la técnica de observación empleada deben afinarse para las próximas temporadas reproductivas, con el fin de dar continuidad al estudio y hacer comparaciones interanuales.

Inicialmente se pensaba que en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) existían dos áreas donde se llevaban a cabo las actividades reproductivas de la población de *Ara militaris* que habita la Cañada Oaxaqueña (Salazar 2001), sin embargo, las observaciones realizadas en las últimas dos temporadas reproductivas han confirmado al Cañón El Sabino como única área de reproducción de la especie en la región, el cual además es utilizado como zona de descanso y alimentación. Estas características convierten al sitio antes mencionado en el área núcleo para el desarrollo de esta población de *Ara militaris* en la RBTC, puesto que en él se llevan a cabo actividades biológicas de vital importancia para la especie como la reproducción, alimentación y refugio tanto para adultos como para las crías que realizan sus primeros vuelos. Por lo tanto es relevante promover la conservación del sitio, al informar a la comunidad encargada del resguardo de la zona sobre los resultados de este trabajo y acerca de la importancia de hacer un buen desarrollo de sus actividades ecoturísticas y de mantener las condiciones óptimas del sitio.

Existen notables diferencias entre los resultados de este trabajo y los que obtuvo Carreón-Arroyo (1997) para la misma especie en Jalisco. La etapa de crianza de los polluelos dura menos en la Cañada Oaxaqueña que en Jalisco (90-122 días), con 70-98 días de permanencia en el nido.

El notable desfase encontrado entre las fechas de los eventos observados en la zona de estudio con los intervalos de 122 y 106 días de duración de la etapa de crianza del polluelo, corroboran el hecho de que dicha etapa es mas corta en esta población que en la de Jalisco, lo cual además se ve reforzado con un mejor ajuste de dichas fechas al intervalo de 91 días.

Las diferencias encontradas entre las dos poblaciones podrían ser resultado de variaciones en la disponibilidad alimenticia de ambos sitios, influenciadas por el régimen de lluvias. Se ha observado que las tasas de crecimiento de polluelos pueden adaptarse a factores ambientales como este último, incluso tal

flexibilidad puede capacitar a los polluelos de varias especies, entre ellos psitácidos, para explotar periodos de incremento en la disponibilidad alimenticia y resistir los periodos de escasez (Case 1978, Martin 1987; Lacombe *et al.* 1994, Negro *et al.* 1994; Renton 2002). De ser cierto esto, el crecimiento más acelerado de estos polluelos podría estar respondiendo a un estrés ambiental, provocado por la alta estacionalidad del sitio, puesto que el periodo de salida de los volantones (junio-octubre) coincide con la temporada de lluvias (mayo-octubre), que posiblemente sea cuando la disponibilidad de alimento en la zona es mayor. Sin embargo, estas relaciones entre los factores ambientales, la disponibilidad de alimento y la conducta reproductiva de las guacamayas no han sido estudiadas aún de forma detallada.

Por otro lado, el inicio de la temporada reproductiva en la presente población ocurre a finales del periodo señalado por Iñigo-Elias (1999), ya que dicho autor señala que en la zona sur del país esta comienza entre noviembre y enero, y el primer nido establecido en la zona de estudio inicio las actividades reproductivas durante los últimos días de enero.

En general el patrón reproductivo de *Ara militaris* varía entre todas las poblaciones, ya que la reproducción se lleva a cabo en fechas diferentes y cada etapa también presenta diversas variaciones. Esto ya había sido sugerido por Iñigo-Elias (1999), quien menciona que la temporada reproductiva de *Ara militaris* en México es muy variada. Por ejemplo, al comparar las fechas de la temporada reproductiva de las distintas poblaciones, se observa que la de Oaxaca es más similar a las de Sinaloa y Durango puesto que en dichas poblaciones este evento se ha registrado entre marzo y noviembre (Carreón-Arroyo 1997; Gaucín 1999; Necedal *et al.* 2006; Rubio-Rocha, *en prensa*). Al parecer esta variación se da como una respuesta a la latitud (Iñigo-Elias (1999), misma que está relacionada con la temperatura y el régimen de lluvias, lo cual a su vez afecta la disponibilidad de alimento.

Un estudio realizado con *Myiopsitta monachus* demostró que las primeras nidadas de la temporada producen mayor cantidad de polluelos y por lo tanto más volantones que las últimas, a la vez que tienen mayor probabilidad de éxito (Navarro *et al.* 1995). Este mismo patrón fue observado en la presente colonia reproductiva, puesto que el nido que inició primero las actividades reproductivas (1'), fue el que tuvo la mayor productividad de la colonia con tres volantones, comparado con el resto de los nidos que iniciaron actividades después y cuya máxima productividad fue de un volantón por nido. Por otro lado, diversos autores han argumentado que la edad de los padres tiene relación con el éxito reproductivo, puesto que los adultos mayores de muchas especies de aves son los primeros en nidificar durante la época reproductiva, tienen nidadas mas grandes y mayor éxito que los jóvenes conespecíficos (Lack 1968; Pianka y Parker 1975; Charlesworth 1980; Harmer y Furness 1991). Por lo tanto se podría especular que el patrón observado en la zona de estudio es resultado de una mayor edad de la pareja que tuvo el éxito más grande.

Las observaciones durante la cópula mostraron que en *Ara militaris*, al igual que en *Forpus passerinus* (Snyder *et al.* 1987; Waltman y Beissinger 1992) hay

alimentación por regurgitación antes del acoplamiento, la cual al parecer tiene la función de disparar el comportamiento sexual.

La variación más sobresaliente de las etapas reproductivas se puede observar en la duración de la etapa de puesta de los huevos, pues mientras en las poblaciones de Jalisco y Sinaloa se menciona que esta etapa tiene una duración de un mes (Carreón-Arroyo 1997; Rubio-Rocha *en prensa*), en esta población se observó un prolongado periodo de cinco meses. Lo anterior muestra una elevada asincronía en la puesta, incubación y eclosión del polluelo, de forma que los adultos empiezan a incubar desde el momento en que ponen el primer huevo, lo que ocasiona que no todas las parejas se encuentren al mismo tiempo en la misma etapa de anidación.

El mecanismo hormonal que controla la reproducción en las aves es influenciado principalmente por la longitud del día y la intensidad lumínica (Phillips *et al.* 1985). Sin embargo otros factores que pueden influenciar este mecanismo, sobre todo en especies silvestres son los patrones de depredación a los que está expuesto el individuo, factores climáticos o disponibilidad alimenticia (Wiebe y Martin 1995). En muchos grupos de aves como sphenisciformes, pelecaniformes, psittaciformes, falconiformes, strigiformes, así como en otras familias de paserinas tropicales del grupo de los suboscines, se ha observado que son comunes los intervalos de tiempo mayores a 24 horas (“huecos”) entre la oviposición de huevos consecutivos dentro de una nidada, causantes de puestas asincrónicas (Astheimer 1985). Tanto Lack (1968) como Winkler y Walters (1983) sugirieron que una razón del alargamiento en el intervalo de puesta está relacionada con la inhabilidad de las hembras para acumular suficientes reservas de nutrientes para la producción diaria de huevos, de manera que individuos con fuentes de alimento limitadas o especies con alimentos nutricionalmente pobres requieren más tiempo para la síntesis de los huevos, que aquellos individuos o especies con fuentes alimenticias más abundantes. De esta forma, los patrones de asincronía observados dentro y entre especies, pueden ser resultado de limitación en los nutrientes para la formación del huevo en conjunto con mecanismos fisiológicos que controlan el flujo de hormonas responsables de la oviposición (Wiebe y Martin 1995).

Por otro lado, en aves se ha documentado la existencia de estructuras anatómicas asociadas con un prolongado almacenamiento de espermias en el tracto reproductivo de la hembra, conocidas como glándulas uterovaginales UV para almacenar espermias (Burke *et al.* 1972), las cuales han sido detectadas en varias familias: procelariidae, phasianidae, hydrobatidae, alcidae e icteridae (Hatch 1983). Imber (1976) refiere que en el petrel de cara gris (*Pterodroma macroptera*) los espermias permanecen viables hasta por ocho semanas, lo que permite la fertilización de huevos a diferentes tiempos sin necesidad de realizar cópulas sucesivas. Por lo tanto las puestas asincrónicas en diversas especies de aves, pueden realizarse gracias a cualquiera de los mecanismos referidos anteriormente. Sin embargo, la puesta altamente asincrónica observada en la población de *Ara militaris* estudiada probablemente sea resultado de una baja disponibilidad alimenticia, puesto que en esta especie no se han realizado estudios histológicos para detectar la presencia o ausencia de glándulas UV.

La incubación altamente asincrónica observada en la presente población puede deberse a varios factores, uno de ellos podría explicarse a través de la hipótesis de “mantenimiento de la viabilidad del huevo” (Arnold *et al.* 1987; Veiga 1992), la cual señala que una de las probables razones para iniciar la incubación desde el primer día de puesta, está correlacionada con la temperatura ambiental del sitio, ya que los embriones empiezan a desarrollarse cuando los huevos son expuestos por periodos prolongados a temperaturas mayores al cero fisiológico (temperatura bajo la cual no ocurre el desarrollo embrionario: 26-28°C, en *Forpus passerinus* (Drent 1973; Stoleson y Beissinger 1997). La incubación por debajo de dicha temperatura provoca un desarrollo anormal o muerte de los embriones; de esta forma, en aquellos lugares donde la temperatura ambiental excede el cero fisiológico, los embriones pueden empezar a desarrollarse aún sin incubación y obligar así a los padres a iniciar la incubación continua para mantener la viabilidad de los primeros huevos puestos.

Por otro lado, Webb (1987) señala que tanto el cero fisiológico como los intervalos de temperatura que producen alta supervivencia son diferentes para cada especie. Por lo tanto, es importante investigar cuál es el cero fisiológico para *Ara militaris* y hacer comparaciones con datos climatológicos de la zona de estudio para determinar si este factor es el responsable de la alta asincronía observada en la presente población.

La asincronía en la incubación definió un intervalo de variación de hasta cinco meses entre la puesta del primer y último nido. Lo anterior coincide con lo observado en otros psitaciformes como *Myiopssita monachus*, donde hay un intervalo de hasta nueve semanas en promedio, en el inicio de la puesta de los huevos entre las diferentes parejas (Navarro *et al.* 1992). Este amplio periodo de puesta también se ha observado en algunas especies australianas como *Cacatua leadbeateri*, *C. pastinator* y *Calyptorhynchus funereus*, con un intervalo de 5 a 8 semanas (Saunders 1982; Smith y Saunders 1986; Rowley y Chapman 1991; Smith 1991). Por otro lado el amplio periodo de incubación (cinco meses) observado en esta población y en una de *Ara macao* en la cual se prolongó desde finales de diciembre hasta principios de abril (Iñigo-Elias 1999; Vaughan *et al.* 2006); es mucho mayor que los dos meses (noviembre-enero) registrados por Carreón-Arroyo (1997) en la población de Jalisco; mientras que en estudios con *Forpus passerinus* y *Amazona agilis* hay un intervalo de 2 a 14 y de 2 a 7 días entre la eclosión del primer y el último polluelo respectivamente (Waltman y Beissinger 1992; Koenig 2001). Aunque en estado silvestre se ha observado que la incubación tiene una duración promedio de 23 días, la incubación de aves criadas en cautiverio se prolonga de dos a cuatro días más (25-27 días; Thomsen *et al.* 1996).

Como se mencionó antes, los polluelos de la población de estudio al parecer permanecen en el nido un periodo de tiempo menor (70-98 días) al encontrado en la población de Jalisco (91 a 122 días; Carreón-Arroyo 1997), sin embargo el periodo observado aquí es comparable al registrado con aves criadas en cautiverio en el estado de Sinaloa, donde se ha observado un periodo de 85 días desde que los polluelos eclosionan hasta que abandonan el nido (Rubio-Rocha *en prensa*), e incluso es similar al periodo registrado por Lanterman

(1996) quien menciona que los polluelos de esta especie abandonan el nido a la edad de 77 a 98 días, al igual que el periodo observado en una población de *Ara macao*, cuyas crías permanecen en el nido aproximadamente 74 días después de la eclosión (Vaughan *et al.* 2006). Los datos de *Ara militaris* criadas en cautiverio muestran que los polluelos empiezan a abrir los ojos entre los 12 y 16 días de edad (Thomsen *et al.* 1996).

Lo anterior concuerda con diversos estudios que han demostrado que los patrones de crecimiento en aves son muy variables dentro de las especies y las poblaciones. Una de las causas de esta variación nuevamente es la disponibilidad de alimento (cantidad y calidad) o tasas de entrega (alimentación) la cual puede limitar el desarrollo de las crías (Lack 1968); de manera que las tasas de crecimiento de los polluelos pueden reflejar tanto la calidad ambiental como parental (Gebhardt-Henrich y Richner 1998) y podría ser altamente variable en años de disponibilidad de alimento elevada (Boersma y Parrish 1998; Renton 2002).

Al igual que con muchas otras especies de psitaciformes, en *Ara militaris* se ha observado que tanto en estado silvestre como con aves criadas en cautiverio, hay una disminución de la masa corporal de los volantones antes de abandonar el nido (Carreón Arroyo 1997; Thomsen *et al.* 1996). Esta disminución ha sido atribuida a diferentes factores como la pérdida de agua de las plumas en maduración, la alta demanda de energía por el rápido crecimiento de las plumas, la disminución del tamaño de los órganos digestivos y los periodos de inanición provocados por una disminución en la frecuencia de alimentación por parte de los padres durante los últimos días de la anidación para obligar a las crías a abandonar el nido (Ricklefs 1968; Enkerlin-Hoeflich 1995; Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999; González 1998). Sin embargo, se desconoce cuál es el factor responsable de este fenómeno en *Ara militaris*.

Varios autores han mencionado que los nidos de aquellas especies que anidan en árboles son susceptibles al ataque de depredadores terrestres como serpientes, mamíferos pequeños o iguanas (Barragán 1988; Waltman y Beissinger 1992; Marini y Melo 1998; Enkerlin-Hoeflich *et al.* 1999; Koenig 2001; Salgado *et al. en prensa*). En la zona de estudio se observó la presencia de *Iguana iguana* merodear el área de anidación. Sin embargo, aún cuando es poco probable que un depredador de huevos de aves como éste pueda llegar hasta los nidos de guacamayas, debido a que la mayoría se ubica sobre paredes lisas a más de 100 m de altura, no se descarta la posibilidad de que dicha especie represente una amenaza por lo menos para aquellos nidos ubicados en puntos más accesibles (Barragán 1988; Marini y Melo 1998; Salgado *et al. en prensa*). Lo anterior se deduce de la reacción de alarma observada en la pareja de guacamayas que detectó a la iguana merodeando la zona de anidación.

Por otro lado, las rapaces representan un riesgo mayor para la anidación de *Ara militaris*, ya que por lo menos dos de ellas (*Buteo jamaicensis* y *B. swainsoni*) fueron vistas atacar a los adultos. Varios estudios han documentado a las rapaces como una importante causa de pérdidas de nidos, tanto por ataque hacia adultos como a volantones recién salidos del nido, como es el

caso de los ataques de *B. jamaicensis* hacia *Rhynchopsitta terrisi*, o la alta incidencia de depredación por parte de halcones hacia pichones principalmente de 45 a 60 días de *Ara macao*. En este estudio se observó que *Ara militaris* al igual que otros psitácidos forma bandadas para defensa contra depredadores voladores como rapaces y cuervos (Lawson y Lanning 1981; Wermundsen 1999; Waltman y Beissinger 1992; Komar y Herrera 1995; Macías-Caballero 1998; Herrera *et al.* 2006; Vaughan *et al.* 2006).

Aunque las causas directas de la pérdida en los nidos que fracasaron no podrán ser determinadas, la observación del ingreso de un zopilote (*Cathartes aura*) al nido 9 hace suponer que pudo haber depredado a una posible cría de aproximadamente 35 días de edad, o que haya sido atraído por el posible cadáver de la cría muerta por razones desconocidas (inanición o enfermedad); ya que se tienen registros de que esta especie ha atacado a polluelos muertos de guacamayas y crías pequeñas de otros animales (Floréz y Sierra 2004; Hernández, *com. pers.*; Sanchez-Montero, *com. pers.*), por lo que se considera un depredador potencial de nidos, a la vez que otra especie de zopilote como *Sarcoramphus papa* se ha observado invadiendo nidos de *Ara macao* (Vaughan *et al.* 2006). Por su parte Lawson y Lanning (1981) registran al cuervo común *Corvus corax* como un depredador potencial de huevos y polluelos de *Rhynchopsitta pachyrhyncha*. El fracaso del nido 11 podría deberse a la baja frecuencia de entradas al nido durante los primeros días de eclosión, que pueden indicar una alimentación inadecuada del polluelo; pues se ha observado que los adultos son estimulados a entrar al nido por las vocalizaciones de las crías, por lo tanto, las entradas poco frecuentes pueden resultar en crías débiles cuyos llamados son menos frecuentes y vigorosos, lo que resulta en la muerte de las mismas (Wilson *et al.* 1997).

La prolongada actividad observada en los nidos 12 y 7' podría deberse a dos puestas altamente asincrónicas en cada uno, donde la primera cría se perdió y la segunda sobrevivió, es decir que esta última tuvo una función de aseguramiento de la nidada. Lo anterior sugiere que otra hipótesis a ser probada en la zona de estudio es si la eclosión altamente asincrónica observada tiene una función de "aseguramiento", la cual es muy frecuente en guacamayas, donde la cría más pequeña solo sobrevive cuando el hermano mayor muere (Stinson 1979; Forbes 1991; Lanning 1991; Munn 1992).

El porcentaje de la población reproductiva encontrado (26%) fue bajo en comparación con la proporción de individuos no reproductivos, al igual que el éxito reproductivo a nivel de nido. Sin embargo estas proporciones son similares a lo que se ha encontrado en varias especies del género *Ara* (Munn 1992; Iñigo-Elias 1999).

Aún cuando la correlación mostró una relación positiva que señala que hay un incremento en el número de volantones al aumentar el tiempo de atención que la pareja reproductora dedica al nido; existen otros factores que pueden influir sobre este aspecto. Una variable que se ha observado tiene gran influencia en el éxito reproductivo de las aves es la edad de la pareja, de modo que las parejas de adultos mayores tienen tasas reproductivas mas altas que las de jóvenes sexualmente maduros (Martin 1995; Forslund y Pärt 1995; Newton y

Rothery 2002). Esto puede ser corroborado por el hecho de que algunos nidos que fracasaron y que por lo tanto tuvieron una productividad nula, presentaron un tiempo de atención al nido similar a aquellos que produjeron uno o incluso tres volantones. De esta manera podríamos suponer que la pareja que tuvo la mayor productividad de la colonia es la de mayor edad y que aquellas que fracasaron fueron parejas jóvenes que realizaron sus primeros intentos de anidación.

El mayor porcentaje de nidos ubicados hacia el sur se contrapone con lo expresado en la literatura científica en relación a que la orientación no es un factor determinante en la selección del nido (Carreón-Arroyo, 1997). Por otro lado, la preferencia en la orientación hacia el sur, puede tener alguna relación con la disponibilidad de huecos o con la exposición a los rayos del sol, lo que a su vez estaría correlacionado con la temperatura y la humedad del sitio, sin embargo, éste análisis no se ha realizado. Las grandes alturas en las que se ubicaron los nidos de la población estudiada, podrían cumplir una función antidepredatoria, ya que se ha visto que las tasas de depredación disminuyen conforme se incrementa la altitud de los sitios de anidación desde el suelo (Nilson 1984; Wilcove, 1985).

Aún existe un gran vacío de información en cuanto a distintos parámetros reproductivos de la especie, sobre todo en estado silvestre como masa del huevo, variación en días en la etapa de polluelo, tamaño y masa relativa de la nidada, éxito de eclosión, éxito de volantón, número de juveniles que vuelan por pareja reproductora y porcentaje de intentos exitosos. Un punto que no se debe perder de vista es que los presentes datos pertenecen a una sola temporada reproductiva en la zona de estudio, los cuales si bien brindan una idea de lo que ocurre con la temporada reproductiva de la población que habita el límite sur de la república mexicana, no puede ser concluyente, ya que pueden ocurrir variaciones entre diferentes años. Por lo tanto, para tener una mejor definición de las actividades reproductivas de esta población se debe hacer un seguimiento multianual.

En estudios futuros debe contemplarse la realización de un análisis de viabilidad de la población ya que no se conoce el nivel de endogamia existente, ni se sabe el tamaño de la población mínima viable, para lo cual es necesario estimar la proporción de sexos existentes dentro de la población, la variación en el tamaño de la progenie, el nivel de traslape generacional existente, las fluctuaciones en el tamaño poblacional, así como la proporción de individuos reproductivos durante varios años.

La alta variación encontrada entre las etapas del ciclo de anidación de distintas poblaciones que habitan en diferentes zonas del país, pone de manifiesto que se debe tener cuidado cuando se diseñen planes de manejo y conservación de la especie, sobre todo si se piensa en la reproducción en cautiverio entre individuos de diferentes poblaciones o de traslocaciones de una población a otra con el fin de reforzar genéticamente poblaciones en decadencia, puesto que podrían verse frustrados por aspectos tan importantes como la incompatibilidad de rasgos reproductivos.

7. CONCLUSIONES

La reproducción de la población que habita la Cañada Oaxaqueña se caracteriza por puestas y eclosiones altamente asincrónicas y una larga temporada reproductiva que se observó durante la primera parte del año (febrero a octubre).

Las diferentes etapas del ciclo reproductivo de la población de *Ara militaris* estudiada ocurren en tiempos totalmente diferentes a los de otras poblaciones del país.

La proporción de la población reproductiva así como el éxito a nivel de nido fueron bajos, sin embargo, son similares a lo registrado en varias especies del género *Ara*.

Aún cuando la metodología propuesta tiende a subestimar el tiempo dedicado a la reproducción, fue útil para monitorear nidos de difícil acceso donde el uso de otras metodologías como la inspección directa o mediante sondas es imposible, como se ha observado también en otras especies como *Ara macao* (Vaughan *et al.* 2006). Además demostró ser confiable para inferir las diferentes etapas de la anidación, así como para estimar el esfuerzo parental de la colonia. Esta metodología solo debe afinarse para que los resultados sean comparables entre diferentes temporadas.

La información generada con este estudio: definición y duración de la temporada reproductiva, proporción de individuos reproductivamente activos, éxito reproductivo a nivel de nido, porcentaje de reclutamiento de la población y detección de depredadores potenciales, son parámetros de suma importancia que deben ser tomados en cuenta para el diseño de una estrategia de conservación y protección tanto de la especie como del sitio.

El hecho de que el total de la proporción reproductiva de la colonia utilice el Cañón El Sabino como único sitio para su reproducción en toda la reserva es de vital importancia, ya que lo convierte en la zona núcleo del desarrollo de la población estudiada, por lo que es importante que se implemente un programa de monitoreo y conservación a largo plazo de la colonia en ese sitio.

8. RECOMENDACIONES

La continuidad de los estudios acerca de la biología general de *Ara militaris* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán es muy importante para poder complementar la información faltante en el conocimiento de la especie, además de identificar otras variables críticas como los factores que afectan a la población, tendencias en el futuro cercano y sitios críticos para su sobrevivencia. De esta forma se obtendrá la información biológica base para el diseño de estrategias adecuadas para su conservación.

La conservación de esta población debe hacerse a nivel de paisaje, pues un nivel menor podría no asegurar su protección a largo plazo. Esto se debe a que la guacamaya verde es una especie móvil, que desarrolla sus actividades vitales en sitios y temporadas diferentes, sin ocupar un solo lugar a lo largo del año. Por dicha razón debe crearse una especie de red de conservación donde se involucre a todas las comunidades incluidas en el rango de dispersión de la especie.

Es importante que se considere la implementación de otras técnicas para el monitoreo directo de nidos, como el uso de sondas, con la finalidad de conocer de manera exacta diferentes parámetros importantes en la caracterización del éxito reproductivo a nivel de nido como: el tamaño de la nidada por nido, el éxito de eclosión por huevo, el éxito de las crías a la edad de polluelos, el tiempo que tardan los polluelos desde la eclosión hasta el abandono del nido sin margen de error, así como el número de volantones exitosos por huevo.

Otros parámetros importantes desconocidos de la especie a nivel demográfico son: el número de hembras y machos que componen a la población, el número de jóvenes y adultos existentes, así como las tasas de mortalidad dentro de cada grupo de edad.

A nivel genético es importante conocer el grado de parentesco existente entre las parejas reproductivas, el grado de endogamia presente en esta población, así como la relación que presenta esta población con otras del país.

Otra actividad importante a realizar es un monitoreo multianual que incluya el seguimiento de los cambios en el tamaño poblacional, así como del éxito reproductivo de la población, con la finalidad de conocer las tendencias poblacionales a largo plazo.

Una actividad adicional que debe contemplarse en planes futuros es la implementación de un programa de educación ambiental en todas las comunidades involucradas en la red de dispersión de la especie. Este programa debería dirigirse tanto a niños como a adultos con el fin de crear una conciencia de conservación y de transmitir la información generada en los proyectos de investigación en un lenguaje sencillo y de fácil comprensión para las personas de las comunidades.

Otro estudio necesario y urgente a realizar es un análisis de la capacidad de carga del sitio, para determinar el número óptimo de personas que pueden

visitar la zona de reproducción, puesto que la comunidad ha puesto en marcha actividades ecoturísticas sin tomar en cuenta ningún parámetro que les sirva como indicador de cuantas personas pueden visitar el sitio sin causar daños al ambiente ni a las guacamayas.

LITERATURA CITADA

Aguilar R., H., C. R. Bonilla R., R. Aguilar S., G. Reyes M., R. García, S. Barrios S., F. Bernardo R. 2003. Investigación y Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en San José del Chilar y la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Informe técnico. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca y Centro de Investigación y Gestión Ambiental A.C. Oaxaca, México. 114 p. No publicado.

Álvarez Del Toro, M. 1980. Las aves de Chiapas. UNACH. 2ª ed. Chiapas, México. 272 p.

Arnold, T. W., F. C. Robwer, and T. Armstrong. 1987. Egg viability, nest predation and the adaptative significance of clutch size in prairie ducks. *American Naturalist* 130: 643-653.

Astheimer, L. B. 1985. Long laying intervals: a possible mechanism and its implications. *Auk* 102: 401-409.

Barragán, S. 1998. A well protected breeding ground. *México desconocido* 138/ Agosto.

Beissinger, S. R. and J. R. Waltman. 1991. Extraordinary clutch size and hatching asynchrony of a neotropical parrot. *Auk* 108:863-871.

Boersma, P. D. and J. K. Parrish. 1998. Flexible growth rates in Fork-tailed Storm-petrels: response to environmental variability. *Auk* 115:67-75.

Bonilla R. C., R. Aguilar S., R. García, G. Reyes Macedo, V. Salinas Chino, V. Aguilar Bautista. 2004. Investigación y conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Fase II: Estudios para la conservación. Informe final de proyecto. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. 70p. No publicado.

Bonilla, R. C. y G. Reyes M. 2006. Temporada de reproducción de guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Cañada Oaxaqueña. 83-87 pp. *In*: O. Chassot, G. Mongue y M. Lezama (eds.). Actas del Primer Simposio Mesoamericano de Psitaciformes: Red Mesoamericana de Conservación de Psitácidos. La Ceiba, Honduras. 165 p.

Boucard, A. 1878. Liste des oiseaux recoltés au Guatemala en 1877. Ann. Soc. Linn. de Lyon, 1878: 1-47.

Burke, W. H. F. X. Ogasawara, and C. L. Fuqua. 1972. A study of the ultrastructure of the uterovaginal sperm-storage glands of the hen, *Gallus domesticus*, in relation to a mechanism for the release of spermatozoa. J. Reprod. Fert. 29: 29-36.

Carreón-Arroyo, G. 1997. Estimación poblacional, biología reproductiva y ecología de la nidificación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en una selva estacional del oeste de Jalisco, México. Tesis de licenciatura en biología. UNAM, D.F. México.

Case, T.J. 1978. On the evolution and adaptive significance of postnatal growth rates in the terrestrial vertebrates. Q. Rev. Biol. 53: 243–282.

Charlesworth, B. 1980. Evolution in age-structured populations. Cambridge University Press.

CITES 2006. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres. www.cites.org. Downloaded on 24 January 2007.

Collar, N. J. and A. T. Juniper. 1992. Dimensions and causes of the parrot conservation crisis. 1-24 pp. *In*: S. R. Beissinger and N. F. R. Snyder, editors. New world parrots in crisis: solutions from conservation biology. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C.

Collar, N. J., M. J. Crosby and A. J. Stattersfield. 1994. Birds to watch 2: The world list of threatened birds. Birdlife International, Cambridge.

Cruz, C. R. 1983. Clave para determinar la fórmula climática de una estación meteorológica, según el sistema de Köppen modificado por E. García.

Del Coro, A. M. y L. Márquez V. (eds.). 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CONABIO. México. 440 p.

DEGETENAL. 1981. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. Carta de climas, México. Esc. 1:1000,000.

Drent, N. H. 1973. The natural history of incubation. 262-322 pp. *In*: D. S. Farner (ed.). Breeding biology of birds. National academy of Science. Washington, D. C.

Emison, W., C. Beardsell, and I. Temby. 1994. The biology and status of the longbilled corella in Australia. Proceedings of Western Foundation Vertebrate Zoology. 5:211-247.

Enkerlin-Hoeflich, E. C. 1995. Comparative ecology and reproductive biology of three species of Amazona parrots in northeastern Mexico. Ph. D. Dissertation. Texas A and M University. College station Texas.

Enkerlin-Hoeflich, E. C., C. Macías Caballero, T. Monterrubio Rico, M. A. Cruz Nieto, N. F. R. Snyder, D. Venegas Holguín, J. Cruz Nieto. 1999. Estatus, distribución, ecología y conservación de las cotorras serranas (*Rhynchopsitta terrisi* y *Rhynchopsitta pachyrhyncha*) en el norte de México: 4ª parte. Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la biodiversidad, CONABIO, México DF.

Floréz, P. y A. Sierra. 2004. Iniciativa para la conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) y su hábitat en el occidente de Antioquía, Colombia. Informe parcial, octubre. Fundación PROAVES.

Forbes, L. S. 1991. Insurance offspring and brood reduction in a variable environment: the costs and benefits of pessimism. *Oikos* 62: 325-332.

Forslund, P. and Pärt, T. 1995. Age and reproduction in birds hypotheses and tests. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 374-378.

Forshaw, J. M. 1978. Parrots of the World. T.F.H. Publications. Neptune, New Jersey. 584 p.

Gardner, A. L. 1971. The occurrence of *Streptoprocne zonaris albicincta* and *Ara militaris* in Chiapas, Mexico. *Condor* 74: 480-481.

Gaucín, R N. 1999. Biología de la conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en el Sótano del Barro, Querétaro. Informe final del proyecto L204. CONABIO.

Gebhardt-Henrich, S., and H. Richner. 1998. Causes of growth variation and its consequences for fitness. 324-339 pp. *In*: J. M. Starck and R. E. Ricklefs (eds.). Avian growth and development. Oxford University Press. Oxford, UK.

Gnam, R., and R. F. Rockwell. 1991. Reproductive potential and output of the Bahama parrot *Amazona leucocephala bahamensis*. *Ibis* 133:400-405.

González, E. J. J. 1998. Productividad, causas de mortalidad de nidos y dieta de los polluelos de tres especies del loro del genero Amazona en el sur de Tamaulipas. Tesis de maestría. Universidad del Noreste, Tampico, México.

Harmer, K. C. and Furness, R. W. 1991. Age specific breeding performance and reproductive effort in Great Skuas *Cathartica skua*. *J. Anim. Ecol.* 60: 693-704.

Hatch, S. A. 1983. Mechanism and ecological significance of sperm storage in the northern fulmar with reference to its occurrence in other birds. *Auk* 100: 593-600.

Herrera, N., R. Ibarra P., I. Vega D. E I. Pérez G. 2006. Monitoreo de la población del perico verde centroamericano (*Aratinga strenua*) en Antiguo Cuscatlán, El Salvador. 65-74 pp. *In*: O. Chassot, G. Mongue y M. Lezama (eds.). Actas del Primer Simposio Mesoamericano de Psittaciformes: Red Mesoamericana de Conservación de Psitácidos. La Ceiba, Honduras. 165 p.

Howell, S. N. G. and S. W. Webb. 1995. A guide to the birds of México and Northern Central América. Oxford University Press. New York. 850 p.

Imber, M. J. 1976. Breeding biology of the Greyfaced faced Petrel *Pterodroma macroptera gouldi*. *Ibis* 118: 51-64.

Iñigo-Elías, E. 1999. Las guacamayas verde y escarlata en México. *Biodiversitas (México)* 25: 7-11.

Iñigo-Elías, E. 2000. Guacamaya verde (*Ara Militar*). 213-215 pp. *In*: Ceballos, G. y V. L. Márquez (coord.). Las aves de México en peligro de extinción. 1ª ed. Fondo de cultura económica. 430 p.

IUCN 2006. 2006 *International Union for Conservation of Nature. Red List of Threatened Species*. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 24 January 2007.

Juniper, T. and M. Parr. 1998. Parrots. A guide to parrots of the world. 1ª ed. Yale University Press. New Haven and London. 584 p.

Koenig, S. E. 2001. The breeding biology of Black-billed Parrot *Amazona agilis* and Yellow-billed Parrot *Amazona collaria* in Cockpit Country, Jamaica. *Bird Conservation International* 11:205–225.

Komar, O. and N. Herrera 1995. Avian Inventory of Bosque Las Lajas, Complejo San Marcelino Wildlife Refuge. 33–55 pp. *In*: Komar, O. and N. Herrera (eds.). Avian Diversity at El Imposible National Park and San Marcelino Wildlife Refuge, El Salvador. New York: Wildlife Conservation Society, Working Paper 4.

Lack, D. 1968. Ecological adaptations for breeding in birds. Oxford University Press. Methuen, London.

Lacombe, D., D. M. Bird, and K. A. Hibbard. 1994. Influence of reduced food availability on growth of captive American Kestrels. *Can. J. Zool.* 72: 2084–2089.

Lanning, D. V. 1991. Distribution and breeding biology of the red fronted macaw. *Wilson Bulletin* 103: 357-365.

Lanterman, W. 1996. The encyclopedia of macaws. TFH publications. USA. 208 p.

Lawson, P. W and D. V. Lanning. 1981. Nesting and status of the Maroon-fronted Parrot (*Rhynchopsitta terrisi*). 385-392 pp. *In*: R. F. Pasquier (ed.).

Conservation of New World Parrots. ICBP/Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

Lindsey, G. D., W. J. Arendt, and J. Kalina. 1994. Survival and causes of mortality in juvenile Puerto Rican parrots. *Journal of Field Ornithology* 65:76-82.

Loza-Salas, C. A. 1997. Patrones de abundancia, uso del hábitat y alimentación de la guacamaya verde (*Ara militaris*), en la presa Cajón de Peña, Jalisco, México. Tesis de licenciatura en biología. UNAM, México. D. F.

Macias-Caballero, C. 1998. Comportamiento de anidación y monitoreo de la productividad de la cotorra serrana oriental (*Rhynchopsitta terrisi*) en el norte de México. Tesis de Maestría. Centro de Calidad Ambiental, ITESM. Monterrey, N.L. México.

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

Martin, T. E. 1987. Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 453-487.

Martin, K. 1995. Patterns and Mechanisms for Age-dependent Reproduction and Survival in Birds. *American Zoologist* 35:340-348.

Munn, C. A. 1992. Macaw biology and ecotourism, or "When a bird in the bush is worth two in the hand". 47-72 pp. *In*: S. R. Beissinger, and N. F. R. Snyder, (eds.). *New world parrots in crisis solutions from conservation biology*. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C.

Navarro, J. L. and E. H. Bucher. 1990. Growth of Monk Parakeets. *Wilson Bulletin* 102:520-525.

Navarro, J. L., M. B. Martella and E. H. Bucher. 1992. Breeding season and productivity of monk parakeets in Cordoba, Argentina. *Wilson Bulletin* 104: 413-424.

Navarro, J. L., M. N. Martella and E. H. Bucher. 1995. Effects of laying date, clutch size, and communal nest size on the reproductive success of Monk Parakeets. *Wilson Bulletin* 107: 742-746.

Negro, J.J., Chastin, A. and Bird, D.M. 1994. Effects of short term food deprivation on growth of hand-reared American Kestrels. *Condor* 96: 749-760.

Newton, I. and Rothery, P. 2002. Age-related trends in different aspects of the breeding performance of individual female Eurasian Sparrowhawks (*Accipiter nisus*). *Auk* 119: 735-748

Nilson, S. G. 1984. The evolution of nest site selection among hole nesting birds: the importance of nest predation and competition. *Ornis Scandinavica* 15:167-175.

Nocedal, J., D. Sierra y S. I. Arroyo. 2006. ¿Es la guacamaya verde realmente un ave tropical? Nidificación y alimentación en bosques templados de pino-encino del sur de Durango, México. *In*: Memorias del IV congreso Norteamericano de Ornitología (Resúmenes). Veracruz, México.

Pedraza, R. R., A. Sanaphre A. y N. Gaucín R. 2000. AICA 7. Sótano del Barro. Guacamaya verde (*Ara militaris*) pag. 217. *In*: Del Coro, A. M. y L. Márquez V. (eds.). Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CONABIO. México. 440 p.

Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 1994. Aves de México, guía de campo. Ed. Diana. México. 473 p.

Phillips, J. G., P. J. Butler, and P. J. Sharp. 1985. Physiological strategies in avian biology. Chapman and Hall, New York.

Pianka, E. R. and W. S. Parker. 1975. Ecology of horned lizards: A review with special reference to *Phrynosoma platyrhinos*. *Copeia* 1975: 141-162

Pugesek, B. H. 1995. Offspring growth in the California gull: reproductive effort and parental experience hypothesis. *Animal Behaviour* 49: 641–647.

Renton, K. 2002. Influence of environmental variability on the growth of Lilac-crowned Parrot nestlings. *Ibis* 144: 331-339.

Renton, K. and A. Salinas-Melgoza. 1999. Nesting behavior of the lilac crowned parrot. *Wilson Bulletin* 111: 488-493.

Ricklefs, R. E. 1968. Weight recession in nestling birds. *Auk* 85:30-35.

Rowley, I. 1990. Behavioural ecology of the galah, *Eolophus roseicapillus*, in the Wheatbelt of Western Australia. Surrey Beatty and Sons Pty Ltd: Chipping Norton.

Rowley, I., and G. Chapman. 1991. The breeding biology, food, social organization, demography and conservation of the Major Mitchell or Pink Cockatoo, *Cacatua leadbeateri*, on the margin of the Western Australia wheat-belt. *Australian Journal of Zoology* 39:211-261.

Rowley, J. S. 1984. Breeding records of land birds in Oaxaca, México. *Proceedings of Western Foundation Vertebrate Zoology* 2: 73-204.

Rubio-Rocha, Y. *en prensa*. Preferencias de hábitat de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en Cosalá Sinaloa, México. Tesis de maestría. Instituto de ecología. UNAM. México, D. F.

Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.

Salazar, T. J. M. 2001. Registro de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en los cañones del Río Sabino y Río Seco, Santa María Tecomavaca, Oaxaca, México. Huitzil 2:18-20.

Salgado-Ortíz, J., P. P. Marra and R. J. Robertson. *en prensa*. Patterns of nest predation on real and artificial nests in mangroves of the Yucatán Peninsula, Mexico.

Saunders, D. A. 1982. The breeding behavior of the short-billed form of the White-tailed Black Cockatoo (*Calyptorhynchus finereus*). Ibis 124:422-455.

Saunders, D. A. 1986. Breeding season, nesting success, and nestling growth in Carnaby's Cockatoo, *Calyptorhynchus funereus latirostris*, over 16 years at Coomallo Creek, and a method for assessing the viability of populations in other areas. Australian Wildlife Research 13:261-273.

SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario oficial. Miércoles 6 de marzo 2002 (2a sección): 1-85.

Smith, G. T. 1991. Breeding ecology of the western Long-billed Corella, *Cacatua pastinator pastinator*. Wildlife Research 18:91-110.

Smith, G. T. and D. A. Saunders. 1986. Clutch size and productivity in three sympatric species of cockatoo (Psittaciformes) in the south-west of western Australia. Australian Wildlife Research. 13: 275-285.

Snyder, N. F. R., J. W. Wiley, and C. B. Kepler. 1987. The parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican parrot. Western Foundation of Vertebrate Zoology. Los Angeles, California.

Snyder, N., McGowan, P., Gilardi, J., and Grajal, A. (eds.). 2000. Parrots. Status Survey and Conservation Action Plan 2000– 2004. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 180 p.

Stinson, C. H. 1979. On the selective advantage of fratricide in raptors. Evolution 33: 1219-1225.

Stoleson, S. H. and S. R. Beissinger. 1997. Hatching asynchrony, brood reduction and food limitation in a neotropical parrot. Ecological monographs. 67: 131-154.

Thomsen, J. B., B. L. Speer, M. Mello and J. Abramson. 1996. The large macaws: their care, breeding and conservation. Raintree publications. California. 552 p.

Tolonen, P. and E. Korpimäki. 1994. Determinants of parental effort: a behavioural study in the Eurasian kestrel. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 35: 355–362.

Vaughan, C., F. Dear, N. Nemeth and L. Marineros. 2006. Cavidades de nidos de la lapa roja (*Ara macao*) en Costa Rica e implicaciones para su manejo. 34-41 pp. *In*: Chassot, O., G. Monge and M. Lezama (Ed.). *Actas del Primer Simposio Mesoamericano de Psitaciformes: Red Mesoamericana de Conservación de Psitácidos*. La Ceiba, Honduras. 165 p.

Veiga, J. P. 1992. Hatching asynchrony in the House sparrow: a test of the egg-viability hipótesis. *American naturalist* 139: 669-675.

Waltman, J. R. and S. R. Beissinger. 1992. Breeding behavior of the Green-rumped Parrotlet. *Wilson Bulletin* 104:65-84.

Webb, D. R. 1987. Thermal tolerance of avian embryos: a review. *Condor* 89: 874-898.

Wermundsen, T. 1999. Seasonal and Diurnal Variation in Pacific Parakeets *Aratinga strenua* Flocks Sizes in Nicaragua, *Ardeola* 46: 39–43.

Wiebe, K. L. and K. Martin. 1995. Ecological and physiological effects on egg laying intervals in ptarmigan. *Condor* 97: 708-717.

Wilcove, D. S. 1985. Nest predation in forest tracts and the decline of migratory songbirds. *Ecology* 66: 1211-1214.

Wilson, K. A., M. H. Wilson and R. Field. 1997. Behavior of Puerto Rican parrots during failed nesting attempts. *Wilson Bulletin* 109: 490-495.

Winkler, D. W., and J. R. Walters. 1983. The determination of clutch size in precocial birds. 33-68 pp. *In* R. F. Johnston (ed.). *Current ornithology*. Vol. 1. Plenum Press, New York.

APENDICE.

Además de las recomendaciones señaladas en la sección correspondiente, las siguientes se basan en observaciones hechas durante el desarrollo del presente estudio y en el conocimiento de las características fisiográficas de la zona:

Otras consideraciones que debe tomar en cuenta la comunidad que realiza el desarrollo ecoturístico en la zona de anidación, es la implementación de una estrategia para el tratamiento de desechos generados por la visita de los turistas como podría ser el reciclaje de materiales, construcción de un relleno sanitario o la elaboración de compostas con los desechos orgánicos. En la construcción de su infraestructura deben contemplar el uso de materiales propios del lugar que no rompan con la belleza escénica del sitio, así como la construcción de sanitarios ecológicos.

Para permitir el acceso a la observación de guacamayas deben construirse miradores en sitios donde no se ponga en peligro ni a los visitantes ni se alteren las actividades de las guacamayas, las actividades de observación no deben llevarse a cabo al aire libre, pues las guacamayas han mostrado un fuerte rechazo ante la presencia cercana de personas, que incluye el abandono del sitio por varios días cuando se han realizado observaciones sin el uso de escondites (especialmente en el sitio de descanso de otoño) cuyas dimensiones son más reducidas.

Los visitantes deben portar ropa de colores discretos que no llamen la atención de las aves, de preferencia colores pardo, gris, verde oscuro, preferentemente de manga larga para seguridad del propio visitante. Durante los recorridos deben guardar silencio o hablar en voz baja.

Los grupos de visitantes deben ir acompañados forzosamente de un guía.

| DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO DE ANIDACION | NIDOS EXITOSOS | | | | | | | |
|---|------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------|--------------------|--------|--------|
| | No. NIDO | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 | 1' | 3' | 7' |
| SELECCIÓN | 14 FEB | 21 FEB | 27 FEB | 13 FEB | 29 ABR | 10 ENE | 6 MAR | 8 ABR |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 1 | 28-Feb | 06-Mar | 12-Mar | 27-Feb | 13-May | 24-Ene | 20-Mar | 22-Abr |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 2 | | | | | | 03-Abr | | |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 3 | | | | | | 26-Abr | | |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 1 | 21-Mar | 28-Mar | 04-Abr | 20-Mar | 04-Jun | 15-Feb | 11-Abr | 14-May |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 2 | | | | | | 25-Abr | | |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 3 | | | | | | 18-May | | |
| FECHA INICIO DE OBSERVACION | 01-Abr | 01-Abr | 02-Abr | 02-Abr | 06-May | 06-May | 06-May | 06-May |
| SALIDA VOLANTON 1 | 20-Jul | 27-Jul | 03-Ago | 19-Jul | 03-Oct | 12-Jun | 10-Ago | 13-Sep |
| SALIDA VOLANTON 2 | | | | | | 24-Ago | | |
| SALIDA VOLANTON 3 | | | | | | 17-Sep | | |
| SEMANAS ACTIVAS | 16 | 17 | 18 | 16 | 22 | 23 | 14 | 19 |
| DIAS ACTIVOS | 111 | 118 | 123 | 109 | 151 | 161 | 96 | 130 |
| *DIAS DE AVANCE | 34 | 27 | 22 | 36 | -6 | | | |
| *ESTADO (Días de avance – días de incubación) | pollo de 11 días | pollo de 4 días | huevo de 22 días | pollo de 13 días | Selección de cavidad | pollo1 de 81 días | | |
| ESTADO POLLO 2 | | | | | | Pollo 2 de 11 días | | |
| ESTADO HUEVO 3 | | | | | | Huevo 3 de 11 días | | |
| Tiempo de cuidado a la nidada = 145 días | | | | | | | | |

Cuadro 4. Duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, al considerar un intervalo de 122 días de la etapa de crianza del polluelo. * ESTADO Y DIAS DE AVANCE (ver métodos).

| DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO DE ANIDACION | NIDOS EXITOSOS | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|--------|--------|
| | No. NIDO | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 | 1' | 3' | 7' |
| SELECCIÓN Y CORTEJO | 01 MAR | 08 MAR | 15 MAR | 29 FEB | 15 MAY | 23-ENE | 22 MAR | 24 ABR |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 1 | 15-Mar | 22-Mar | 29-Mar | 14-Mar | 29-May | 06-Feb | 05-Abr | 08-May |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 2 | | | | | | 19-Abr | | |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 3 | | | | | | 12-May | | |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 1 | 06-Abr | 13-Abr | 20-Abr | 05-Abr | 20-Jun | 28-Feb | 27-Abr | 30-May |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 2 | | | | | | 11-May | | |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 3 | | | | | | 03-Jun | | |
| FECHA INICIO DE OBSERVACION | 01-Abr | 01-Abr | 02-Abr | 02-Abr | 06-May | 06-May | 06-May | 06-May |
| SALIDA VOLANTON 1 | 20-Jul | 27-Jul | 03-Ago | 19-Jul | 03-Oct | 12-Jun | 10-Ago | 13-Sep |
| SALIDA VOLANTON 2 | | | | | | 24-Ago | | |
| SALIDA VOLANTON 3 | | | | | | 17-Sep | | |
| SEMANAS ACTIVAS | 16 | 17 | 18 | 16 | 22 | 23 | 14 | 19 |
| DIAS ACTIVOS | 111 | 118 | 123 | 109 | 151 | 161 | 96 | 130 |
| *DIAS DE AVANCE | 18 | 11 | 6 | 20 | -22 | | | |
| *ESTADO (Días de avance – días de incubación) | huevo de 18 días | huevo de 11 días | huevo de 6 días | huevo de 20 días | selección de cavidad | Pollo1 de 69 días | | |
| ESTADO HUEVO 2 | | | | | | 2o. huevo de 18 días | | |
| ESTADO HUEVO 3 | | | | | | 3o. huevo de -6 días | | |
| Tiempo de cuidado a la nidada = 129 días | | | | | | | | |

Cuadro 5. Duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, de acuerdo con el intervalo de 106 días de la etapa de crianza del polluelo. *ESTADO Y DIAS DE AVANCE (ver métodos).

| DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO DE ANIDACION | NIDOS EXITOSOS | | | | | | | |
|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|--------|--------|
| | No. NIDO | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 | 1' | 3' | 7' |
| SELECCIÓN Y CORETEJO | 16-Mar | 23-Mar | 30-Mar | 15-Mar | 30-May | 06-Feb | 06-Abr | 09-May |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 1 | 30-Mar | 06-Abr | 13-Abr | 29-Mar | 13-Jun | 20-Feb | 20-Abr | 23-May |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 2 | | | | | | 04-May | | |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 3 | | | | | | 27-May | | |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 1 | 21-Abr | 28-Abr | 05-May | 20-Abr | 05-Jul | 14-Mar | 12-May | 14-Jun |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 2 | | | | | | 26-May | | |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 3 | | | | | | 18-Jun | | |
| FECHA INICIO DE OBSERVACION | 01-Abr | 01-Abr | 02-Abr | 02-Abr | 06-May | 06-May | 06-May | 06-May |
| SALIDA VOLANTON 1 | 20-Jul | 27-Jul | 03-Ago | 19-Jul | 03-Oct | 12-Jun | 10-Ago | 13-Sep |
| SALIDA VOLANTON 2 | | | | | | 24-Ago | | |
| SALIDA VOLANTON 3 | | | | | | 17-Sep | | |
| SEMANAS ACTIVAS | 16 | 17 | 18 | 16 | 22 | 23 | 14 | 19 |
| DIAS ACTIVOS | 111 | 118 | 123 | 109 | 151 | 161 | 96 | 130 |
| *DIAS DE AVANCE | 3 | -4 | -9 | 5 | -37 | | | |
| *ESTADO (Días de avance – días de incubación) | Huevo de 3 días | selección de la cavidad | selección de la cavidad | huevo de 5 días | Selección de cavidad | Pollo1 de 54 días de nacido | | |
| ESTADO HUEVO 2 | | | | | | 2o. huevo de -3 días | | |
| ESTADO HUEVO 3 | | | | | | 3o. Huevo de -21 días | | |

Tiempo de cuidado a la nidada = 114 días

Cuadro 6. Duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, de acuerdo con el intervalo de 91 días de la etapa de crianza del polluelo. *ESTADO Y DIAS DE AVANCE (ver métodos).

| DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO DE ANIDACION | NIDOS EXITOSOS | | | | | | | |
|--|----------------|--------------|-------------|------------|-------------------------|---|-----------|-------------------------|
| | No. NIDO | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 | 1' | 3' | 7' |
| SELECCIÓN Y CORTEJO | 1-14 ABR | 25 MAR-7 ABR | 19MAR-1 ABR | 11-24 MAR | 6-19 MAY | 29 ENE-11 FEB | 9-22 ABR | 8-21 ABR |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 1 | 15-21 ABR | 8-14 ABR | 2-8 ABR | 25-31 MAR | 20-26 MAY | 12-18 FEB | 23-29 ABR | 22-28 ABR |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 2 | | | | | 14 JUN (± 10 días) | 22-28 ABR | | 25 MAY (± 10 días) |
| FECHA PROBABLE DE PUESTA HUEVO 3 | | | | | | 13-19 MAY | | |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 1 | 6-12 MAY | 29 ABR-5 MAY | 23-29 ABR | 16-22 ABR | 10-16 JUN | 4-10 MAR | 14-20 MAY | 13-19 MAY |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 2 | | | | | 7 JUL (± 10 días) | 13-19 MAY | | 17 JUN (± 10 días) |
| FECHA PROBABLE ECLOSION HUEVO 3 | | | | | | 10-14 JUN | | |
| FECHA INICIO DE OBSERVACION | 01-Abr | 01-Abr | 02-Abr | 02-Abr | 06-May | 06-May | 06-May | 06-May |
| SALIDA VOLANTON 1 | 20-Jul | 27-Jul | 03-Ago | 19-Jul | | 12-Jun | 10-Ago | |
| SALIDA VOLANTON 2 | | | | | 03-Oct | 24-Ago | | 13-Sep |
| SALIDA VOLANTON 3 | | | | | | 17-Sep | | |
| SEMANAS ACTIVAS | 16 | 17 | 18 | 16 | 22 | 24 | 14 | 19 |
| DIAS ACTIVOS | 111 | 118 | 123 | 109 | 151 | 168 | 96 | 130 |
| ESTADO | Selección | Selección | Puesta | Incubación | Selección | Crianza polluelo 1 e incubación huevo 2 | Selección | Selección |

Cuadro 7. Probable duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos exitosos, de acuerdo con el método que combina frecuencias de visita a los nidos con tiempos de incubación.

| DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO DE ANIDACION | FRACASOS | | INTENTOS | | INCIERTO |
|--|-----------|---------------|----------|--------|-----------|
| | 4' | 11 | 2' | 6' | 9 |
| SELECCIÓN Y CORTEJO | 1-14 ABR | 15-28 ABR | | | 7-20 ABR |
| FECHA PROBABLE PUESTA | 15-21 ABR | 29 ABR-05 MAY | | | 21-27 ABR |
| FECHA PROBABLE ECLOSION | 06-12 MAY | 20-26 MAY | | | 12-18 MAY |
| FECHA INICIO DE OBSERVACION | 06-MAY | 06-MAY | 06-MAY | 06-MAY | 14-ABR |
| FECHA ULTIMA OBSERVACION | 09-JUL | 11-JUN | 11-JUN | 19-JUN | 14-AGO |
| SEMANAS ACTIVAS | 10 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| DIAS ACTIVOS | 64 | 36 | 36 | 36 | 122 |
| ESTADO | | | | | |

Cuadro 8. Probable duración de cada etapa del ciclo de anidación de los nidos abandonados, de acuerdo con el criterio que combina frecuencias de visita a los nidos con tiempos de incubación

| SEM | NIDO 2 | NIDO 3 | NIDO 4 | NIDO 5 | NIDO 9 | NIDO 11 | NIDO 12 | NIDO 1´ | NIDO 2´ | NIDO 3´ | NIDO 4´ | NIDO 6´ | NIDO 7´ |
|-----|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| 1 | 01-07/ABR | 25/31/MAR | 19-25/MAR | 12-18/MAR | 07-13/ABR | 15-21/ABR | 06-12/MAY | 29ENE-04FEB | 06-12/MAY | 02-08/ABR | 01-07/ABR | 06-12/MAY | 08-14/ABR |
| 2 | 08-14/ABR | 01-07/ABR | 26MAR-01ABR | 19-25/MAR | 14-20/ABR | 22-28/ABR | 13-19/MAY | 05-11/FEB | 13-19/MAY | 09-15/ABR | 08-14/ABR | 13-19/MAY | 15-21/ABR |
| 3 | 15-21/ABR | 08-14/ABR | 02-08/ABR | 26MAR-01ABR | 21-27/ABR | 29ABR-05MAY | 20-26/MAY | 12-18/FEB | 20-26/MAY | 16-22/ABR | 15-21/ABR | 20-26/MAY | 22-28/ABR |
| 4 | 22-28/ABR | 15-21/ABR | 09-15/ABR | 02-08/ABR | 28ABR-04MAY | 06-12/MAY | 27MAY-02JUN | 19-25/FEB | 27 MAY-02 JUN | 23-29/ABR | 22-28/ABR | 27MAY-02JUN | 29ABR-05MAY |
| 5 | 29 ABR-05 MAY | 22-28/ABR | 16-22/ABR | 09-15/ABR | 05-11/MAY | 13-19/MAY | 03-09/JUN | 26FEB-03MAR | 03-09/JUN | 30ABR-06MAY | 29 ABR-05 MAY | 03-09/JUN | 06-12/MAY |
| 6 | 06-12/MAY | 29 ABR-05 MAY | 23-29/ABR | 16-22/ABR | 12-18/MAY | 20-26/MAY | 10-16/JUN | 04-10/MAR | 10-16/JUN | 07-13/MAY | 06-12/MAY | 10-16/JUN | 13-19/MAY |
| 7 | 13-19/MAY | 06-12/MAY | 30ABR-06MAY | 23-29/ABR | 19-25/MAY | 27MAY-02JUN | 17-23/JUN | 11-17/MAR | | 14-20/MAY | 13-19/MAY | | 20-26/MAY |
| 8 | 20-26/MAY | 13-19/MAY | 07-13/MAY | 30ABR-06MAY | 26MAY-01JUN | 03-09/JUN | 24-30/JUN | 18-24/MAR | | 21-27/MAY | 20-26/MAY | | 27MAY-02JUN |
| 9 | 27 MAY-02 JUN | 20-26/MAY | 14-20/MAY | 07-13/MAY | 02-08/JUN | 10-16/JUN | 01-07/JUL | 25-31/MAR | | 28MAY-03JUN | 27 MAY-02 JUN | | 03-09/JUN |
| 10 | 03-09/JUN | 27 MAY-02 JUN | 21-27/MAY | 14-20/MAY | 09-15/JUN | | 08-14/JUL | 01-07/ABR | | 04-10/JUN | 03-09/JUN | | 10-16/JUN |
| 11 | 10-16/JUN | 03-09/JUN | 28MAY-03JUN | 21-27/MAY | 16-22/JUN | | 15-21/JUL | 08-14/ABR | | 11-17/JUN | 10-16/JUN | | 17-23/JUN |
| 12 | 17-23/JUN | 10-16/JUN | 04-10/JUN | 28MAY-03JUN | 23-29/JUN | | 22-28/JUL | 15-21/ABR | | 18-24/JUN | 17-23/JUN | | 24-30/JUN |
| 13 | 24-30/JUN | 17-23/JUN | 11-17/JUN | 04-10/JUN | 30JUN-06JUL | | 29JUL-04AGO | 22-28/ABR | | 25JUN-01JUL | 24-30/JUN | | 01-07/JUL |
| 14 | 01-07/JUL | 24-30/JUN | 18-24/JUN | 11-17/JUN | 07-13/JUL | | 05-11/AGO | 29ABR-05MAY | | 02-08/JUL | 01-07/JUL | | 08-14/JUL |
| 15 | 08-14/JUL | 01-07/JUL | 25JUN-01JUL | 18-24/JUN | 14-20/JUL | | 12-18/AGO | 06-12/MAY | | 09-15/JUL | 08-14/JUL | | 15-21/JUL |
| 16 | 15-21/JUL | 08-14/JUL | 02-08/JUL | 25JUN-01JUL | 21-27/JUL | | 19-25/AGO | 13-19/MAY | | 16-22/JUL | | | 22-28/JUL |
| 17 | | 15-21/JUL | 09-15/JUL | 02-08/JUL | 28JUL-03AGO | | 26AGO-01SEP | 20-26/MAY | | 23-29/JUL | | | 29JUL-04AGO |
| 18 | | 22-28/JUL | 16-22/JUL | 09-15/JUL | 04-10/AGO | | 02-08/SEP | 27MAY-02JUN | | 30JUL-05AGO | | | 05-11/AGO |
| 19 | | | 23-29/JUL | 16-22/JUL | 11-17/AGO | | 09-15/SEP | 03-09/JUN | | 06-12/AGO | | | 12-18/AGO |

| SEM | NIDO 2 | NIDO 3 | NIDO 4 | NIDO 5 | NIDO 9 | NIDO 11 | NIDO 12 | NIDO 1´ | NIDO 2´ | NIDO 3´ | NIDO 4´ | NIDO 6´ | NIDO 7´ |
|-----|--------|--------|-------------|--------|-----------|---------|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| 20 | | | 30JUL-05AGO | | 18-24/AGO | | 16-22/SEP | 10-16/JUN | | | | | 19-25/AGO |
| 21 | | | | | | | 23-29/SEP | 17-23/JUN | | | | | 26AGO-01SEP |
| 22 | | | | | | | 30SEP-06OCT | 24-30/JUN | | | | | 02-08/SEP |
| 23 | | | | | | | | 01-07/JUL | | | | | 09-15/SEP |
| 24 | | | | | | | | 08-14/JUL | | | | | |
| 25 | | | | | | | | 15-21/JUL | | | | | |
| 26 | | | | | | | | 22-28/JUL | | | | | |
| 27 | | | | | | | | 29JUL-04AGO | | | | | |
| 28 | | | | | | | | 05-11/AGO | | | | | |
| 29 | | | | | | | | 12-18/AGO | | | | | |
| 30 | | | | | | | | 19-25/AGO | | | | | |
| 31 | | | | | | | | 26AGO-01SEP | | | | | |
| 32 | | | | | | | | 02-08/SEP | | | | | |
| 33 | | | | | | | | 09-15/SEP | | | | | |
| 34 | | | | | | | | 16- 22/SEP | | | | | |

Cuadro 9. Fechas correspondientes a cada semana de desarrollo de los nidos de la temporada 2004. Las celdas con sombreados gris indican la fecha en que iniciaron las observaciones intensivas en la zona.