



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGÍA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS

“ÉXITO DE ANIDACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE LA
GUACAMAYA VERDE (*Ara militaris*) EN BAHÍA DE
BANDERAS, JALISCO”

TESIS

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS EN ECOLOGÍA Y
CONSERVACIÓN**

PRESENTA

LUIS MANUEL AVILÉS RAMOS

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Tiberio César Monterrubio Rico

Morelia, Michoacán. Mayo 2016.





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

DR. HÉCTOR GUILLÉN ANDRADE
COORDINADOR GENERAL DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
P R E S E N T E

Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis Titulada: "Éxito de anidación y productividad de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Bahía de Banderas, Jalisco" presentado por el Biol. Luis Manuel Avilés Ramos, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicado y defendido en Examen de Grado de Maestro en Ciencias.

Sin otro particular por el momento, reiteramos a usted un cordial saludo.

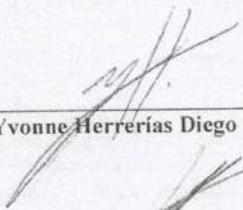
A T E N T A M E N T E

Morelia, Michoacán, a 02 de mayo de 2016

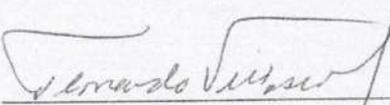
MIEMBROS DE LA COMISIÓN REVISORA



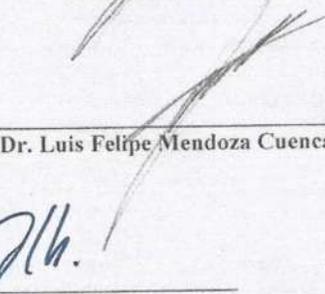
Dr. Tiberio César Monterrubio Rico
Director de Tesis



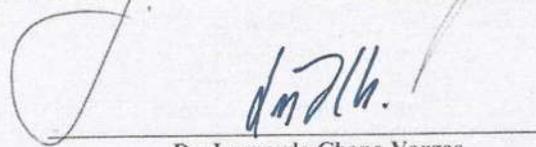
Dra. Yvonne Herrerías Diego



Dr. José Fernando Villaseñor Gómez



Dr. Luis Felipe Mendoza Cuenca



Dr. Leonardo Chapa Vargas

DEDICATORIA

A mis padres Artemio Avilés y Lucia Ramos.

A mis hermanas: Yoni, Tere, Mari, Belén, Luce y a mi hermano Jesús.

A Gaby.

A ustedes por todo el amor, paciencia, y por ser mí motor día a día,

Por la confianza y apoyo depositado en mi persona.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de la beca 305195 y por el “programa de Monitoreo de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Bahía de Banderas” financiado por la Asociación Civil “Unidos por las Guacamayas”.

Quiero agradecer de forma especial a mi asesor el Dr. Tiberio Monterrubio por la asesoría, sus comentarios al proyecto y sus valiosas revisiones, las cuales enriquecieron el escrito, y por haberme dado la oportunidad de trabajar en el proyecto de la Guacamaya Verde.

De igual forma agradezco al M. en C. Carlos Bonilla, por su amistad, confianza y apoyo en todo momento. Por sus valiosos comentarios y sugerencias y por dejarme ser parte de programa de conservación de la especie.

A la M. en C. Claudia Cinta, por su amistad, apoyo, confianza y por consentirme en todo momento en mi estancia en “campo”.

Agradezco a cada uno de los miembros de la mesa revisora, Dra. Yvonne Herrerías, Dr. Fernando Villaseñor y al Dr. Luis Felipe Mendoza (Lucho). A todos por sus valiosos comentarios y sugerencias, que ayudaron a mejorar y enriquecer el documento. En particular al Dr. Leonardo Chapa, por todas las comodidades y facilidades brindadas durante la estancia en San Luis.

A Gaby Ramírez, por darme animo en cada momento, por sus valiosos comentarios y sugerencias, pero sobre todo por la paciencia y amor para conmigo.

A mis amigos del Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios, en especial a Esmar y Raúl (Rufo) por su valiosa ayuda con el trabajo de campo. A Margarito, Juan Felipe (Pipo), Adrián por sus comentarios al proyecto, y al Biol. Ramón Cancino por todo su apoyo.

A los guías Javier Sosa (Don Javi), Manuel de Jesús (Don Manuel) y su esposa Doña Marta. Gracias por el apoyo incondicional, sin ustedes no hubiese sido posible este trabajo.

A Fernando Pardo (q.e.p.d) y a Rubén Pantoja ingenieros de CONAGUA Jalisco, por facilitarme los datos de precipitación de la Estación Meteorológica “El Cuale”.

A mis compañeros y amigos de la maestría, por los miércoles estocásticos.

A mis amigos (Katty, Sofí, Susie, Armando y Marco), porque a pesar de los años aún seguimos y estamos.

¡A TODOS USTEDES, GRACIAS!

ÍNDICE

RESUMEN	3
SUMMARY	5
INTRODUCCIÓN GENERAL	8
<i>La importancia de la Guacamaya Verde</i>	9
<i>Particularidades de la especie</i>	9
<i>Relevancia y alcance de la tesis</i>	10
OBJETIVOS	11
Objetivos Particulares	11
Estructura de la Tesis	12
Área de Estudio	13
<i>Descripción física</i>	14
LITERATURA CITADA	17
CAPITULO UNO	20
HISTORIA DE VIDA DE LA GUACAMAYA VERDE	20
INTRODUCCIÓN	23
<i>Fisonomía de la Guacamaya Verde</i>	24
<i>Distribución de la Guacamaya Verde</i>	26
Generalidades de la Revisión.....	28
<i>Tipos de Vegetación</i>	31
<i>Abundancia de la Guacamaya Verde en México</i>	32
<i>Hábitos alimenticios de la Guacamaya Verde</i>	37
<i>Reproducción de la Guacamaya Verde</i>	41
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	52
Apéndices	60
CAPITULO DOS	65
USO DE MODELOS DE EXPOSICIÓN LOGISTICA PARA EVALUAR EL ÉXITO REPRODUCTIVO DE LA GUACAMAYA VERDE (<i>Ara militaris</i>) EN BOSQUE TROPICAL COSTERO DEL OESTE DE MEXICO	65
INTRODUCCIÓN	68

MÉTODOS	71
<i>Área de estudio</i>	71
<i>Éxito reproductivo</i>	73
<i>VARIABLES DE CARACTERÍSTICAS DE HÁBITAT DE ANIDACIÓN</i>	74
<i>VARIABLES TEMPORALES</i>	74
<i>VARIABLE CLIMÁTICA</i>	75
<i>Análisis Estadísticos</i>	75
<i>Selección de modelos</i>	75
RESULTADOS	78
<i>Éxito aparente del nido</i>	80
<i>Éxito reproductivo (exposición logística)</i>	80
DISCUSIÓN	86
<i>Nidos localizados por temporada reproductiva</i>	86
<i>Éxito reproductivo</i>	87
LITERATURA CITADA	93
CONCLUSIONES GENERALES	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudio y localización de los nidos de la Guacamaya Verde.....	14
Figura 2 - Tipos de vegetación en el área de estudio: A) Área de transición entre el Bosque de Encino-Pino y Bosque tropical subcaducifolio, B) Bosque de Encino-Pino y C) Bosque Tropical Subcaducifolio.....	17

CAPITULO UNO

Figura 1 - Tipos de publicaciones realizadas para la Guacamaya Verde (<i>Ara militaris</i>)....	31
Figura 2 - Temas incluidos en 79 estudios publicados sobre la Guacamaya Verde (<i>Ara militaris</i>)	32

CAPITULO DOS

Figura 2 - Estimación de la supervivencia diaria de los nidos de la guacamaya verde (<i>Ara militaris</i>), en la región de Bahía de Banderas, Jalisco. Bajo el efecto de la variable temporal (edad de la nidada) y la variable climática (lluvia). La supervivencia diaria fue estimada de los coeficientes del mejor modelo, sin promediar. A) Temporada de reproducción 2012, B) Temporada de reproducción 2013, C) Temporada de reproducción 2014.	87
--	----

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO UNO

Cuadro 1 - Estimaciones poblacionales publicadas para la Guacamaya Verde (<i>Ara militaris</i>) en México.	36
Cuadro 2 - Parámetros reproductivos reportados en los estudios de la Guacamaya Verde.	44
Cuadro 3 - Características de los árboles-nido utilizados por la Guacamaya Verde	47

CAPITULO DOS

Cuadro 1 - Árboles-nido localizados y reutilización de cavidades durante las temporadas reproductivas de la Guacamaya Verde, en la porción sur de Bahía de Banderas, Jalisco (2012-2014)	80
---	----

Cuadro 2 - Éxito aparente de la Guacamaya Verde en tres temporadas de anidación (2012-2014), en la porción sur de la Bahía de Banderas, Jalisco.....	82
Cuadro 3 - Modelos candidatos <i>a priori</i> que explican la variación en el éxito reproductivo de la Guacamaya Verde en la región de Bahía de Banderas Jalisco. 2012-2014.....	83
Cuadro 4 - Estimadores promediados a través de los modelos de los coeficientes de la regresión (COEF), errores estándar (EE), fracciones de probabilidad (OR), e intervalos de confianza del 95% (IC), de la supervivencia de nidos de la guacamaya verde utilizando los modelos de la exposición logística	84

ÉXITO DE ANIDACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE LA GUACAMAYA VERDE (*Ara militaris*) EN BAHÍA DE BANDERAS, JALISCO

RESUMEN

La Guacamaya Verde es considerada una de las especies de Psitácidos más amenazadas. La especie presenta una amplia distribución con diferentes condiciones ambientales, sin embargo, pocas poblaciones reproductoras de no más de 100 individuos han sido registradas a lo largo de su distribución. Históricamente, las causas del declive de las poblaciones incluye el saqueo de individuos para el comercio de mascotas, la tala selectiva de los árboles de anidación, y la pérdida y fragmentación del hábitat. Bajo estas circunstancias, el objetivo del trabajo fue integrar la información disponible sobre la historia de vida de la Guacamaya Verde y evaluar el éxito reproductivo de la población de Bahía de Banderas y determinar las principales causas de pérdida de nidos. La información disponible sobre la historia de vida corresponde a artículos científicos (n = 29; 36.7%), reportes de proyectos de agencias gubernamentales (n = 20; 25.3%), disertaciones por tesis (n = 16; 20.3%), notas científicas (n = 8; 10.1%), artículos de divulgación (n = 2; 2.5%), monografías de la especie (n = 2; 2.5%) y capítulos de libros (n = 2; 2.5 %). Se incluyeron cuatro temáticas principales en la revisión: distribución, abundancia, alimentación y reproducción. La distribución potencial e histórica es analizada por pocos estudios, y concluyen que la especie ha sufrido pérdidas importantes del hábitat disponible. Muchos de los registros para la especie corresponde a observaciones ocasionales y nuevo registros en diferentes áreas y sólo pocos investigadores reportan poblaciones establecidas. Por ejemplo: Las poblaciones más numerosas han sido reportadas en Yelapa, Jalisco y Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca (215 y 100 individuos, respectivamente). Por otro lado, en Oaxaca y Michoacán se han reportado la mayor riqueza de especies dieta para la

Guacamaya Verde, sin embargo, localmente sólo dos o tres especies con los valores nutricionales más altos son las consumidas con mayor frecuencia. La reproducción es una de las temáticas más abordadas en México. Esta conducta presenta una variación a lo largo del año y depende de los regímenes de temperatura y precipitación locales, los cuales afectan la disponibilidad de recursos. La reproducción se ha reportado en dos sustratos: cavidades de acantilados y en árboles. En ambos sustratos la relación entre las causas de pérdidas de nidadas y éxito reproductivo es poco conocida. Existen reportes donde sugieren que la depredación natural y por el hombre reducen el éxito reproductivo, aún que se desconocen otros factores que pudieran estar relacionados, por lo cual, complementar estos temas es esencial para determinar los requerimientos necesarios de la especie.

Durante el trabajo de campo, se analizó el éxito reproductivo de la Guacamaya Verde considerando el tamaño de muestra más grande para la especie ($n = 38$ nidadas), correspondientes a tres temporadas reproductivas. Adicionalmente, por primera vez en México se examina el éxito reproductivo en psitácidos mediante el método de la exposición logística. También se analizaron los datos mediante el método del éxito aparente del nido. Mediante el método la exposición logística, el éxito reproductivo reportado para las tres temporadas reproductivas fue 0.68, este es considerado la probabilidad de éxito más alta utilizado modelos de supervivencia de nidos. Las variables más importantes relacionadas al éxito reproductivo son la presencia de lluvias (principal causa de pérdidas) y la edad de la nidada. Las ventajas del método de la exposición logística es que nos permite evaluar las probabilidades de éxito con diferentes variables explicativas en los bosques tropicales, desafortunadamente, es muy sensible a los tamaños de muestra pequeños. Finalmente, es necesario mejorar en la detección de los factores relacionados con la probabilidad de éxito

de las nidadas de la Guacamaya Verde. Las nidadas de especies amenazadas como la Guacamaya Verde, raramente son altas, por lo cual, se recomienda analizar el éxito reproductivo con un mayor periodo de muestreo. Las áreas de anidación de la Guacamaya Verde deberían ser consideradas como hábitat críticos para la conservación y aprovechar que es una especie carismática (especie sombrilla) para proteger el área y las especies que en ella residen.

Palabras Clave - *Ara militaris*, Éxito Reproductivo, Bahía de Banderas, Rasgos de Historia de Vida, *Piranhea mexicana*, Exposición Logística.

Productivity and nest success of the Military Macaw (*Ara militaris*) in Bahía de Banderas, Jalisco.

SUMMARY

The Military Macaw is considered one of the most endangered Psittacidae species in Mexico. The specie presents a wide distribution within different environmental conditions. A few breeding populations have been surveyed and these populations are scattered across their range with the largest breeding population estimated at 100 individuals. Historical causes of the species decline include poaching for the pet trade, selective logging of nesting trees for chick capture and habitat fragmentation and degradation. Under these circumstances, the aim of this work was to collect all available life history information of the Military Macaw, evaluate nest success for a Bahía de Banderas gregarious nesting population and determine the main causes of nest losses.

Most information available correspond to scientific articles published (n = 29; 36.7%), followed by governmental agencies project reports (n = 20; 25.3%), thesis or dissertations (n = 16; 20.3%), scientific notes (n = 8; 10.1%), divulgation articles (n = 2; 2.5%), technical reports (n= 2; 2.5%) and book chapters (n = 2; 2.5 %). Four principal themes are

included in this review: distribution, abundance, feeding and reproduction. About distribution, a few records analyzed the historic and potential distribution concluding a reduction of the available habitat for the species. Only a few researches report the local population size and the rest are occasional sightings and new report for an area. For example: Yelapa, Jalisco, and Tehuacan-Cuicatlan, Oaxaca have the largest population known (215 and 100 individuals, respectively). In Oaxaca and Michoacan are reported the greatest richness of species diet for Military Macaw, although, locally only two or three species are consumed frequently, this species have high nutritional values for the Macaw. On the other hand, reproduction is the most studied topic in Mexico. The reproduction presents a variation throughout the year depending on temperature and precipitation regimes which affect the availability of resources in each area. Only two substrates are reported for nesting: cliff and tree cavities. In both substrates the relation between causes of nest loses and reproductive success is unknown. Nest poaching and natural predation are commonly reported in reduction on nest success, however, complement on these issues is essential to find the necessary species requirements.

During the field work, the nest success of the Bahia de Banderas nesting population was analyzed considering the largest sample size of the species ($n = 38$ nest-cavity), that corresponded to three reproductive seasons. In addition, this is the first time that nest success is examined by means of logistic exposure method for any Psittacidae in Mexico to understand the relation between nest success and explanatory variables. Apparent nest success was also analyzed. General nest success for the three seasons was 0.68 using logistic exposure, this is the biggest nest success probability using nest survival models for Military Macaw. The most influential variables were the presence of rain (main cause of

nest failure), and nest age. Logistic exposure procedure advantages include the measurement and evaluation of the success probabilities under different management and conservation level of tropical forests, unfortunately, is very sensitive to small sample sizes that characterize most actual nesting populations in Mexico. To improve the detection of influential factors on the success probabilities of Military Macaw nests, the sample of nests evaluated should be analyzed again incorporating additional results from future nesting seasons. Endangered species nests such as the Military Macaw rarely occur on large sample size. Surveying additional nesting seasons may increase the possibility of detecting significant influential factors that may affect the species demography as well as evaluating how persistent the species' success rates are among years.

Military Macaw nesting areas should be considered as critical habitat for conservation, and may function as umbrella species to increase habitat availability for other endangered species as well.

Key words - *Ara militaris*, Nest Success, Bahía de Banderas, Summary of Life History Traits, *Piranhea mexicana*, Logistic Exposure

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los Psitaciformes constituyen el orden de aves que incluye a los pericos, loros, guacamayas, cacatúas y afines. Este orden se encuentra entre los grupos de aves terrestres con porcentajes más elevados de especies amenazadas en el mundo con un 34.6 % (123 especies, de las 356 especies conocidas) (Forshaw 1989), listadas en alguna categoría de riesgo y con la extinción de varias especies durante los últimos 200 años. Ejemplos de ello es el periquito de las Carolinas (*Conuropsis carolinensis*) y la guacamaya tricolor (*Ara tricolor*) (Forshaw 1989, Bennett & Owens 1997, SEMARNAT 2010, BirdLife International 2014, CITES 2015, BirdLife International 2013).

Los Psitaciformes son muy diversos en las regiones tropicales (Collar *et al.* 1994), especialmente en América, destacando el grupo de las guacamayas que por su colorido y majestuosidad es atractivo, conspicuo y apreciado en el mercado de mascotas, donde hasta la fecha se reconocen 22 especies agrupadas en seis géneros (*Anodorhynchus*, *Cyanopsitta*, *Ara*, *Primolius*, *Orthopsittaca* y *Diopsittaca*; (Forshaw 1989, BirdLife International 2013). Para el género *Ara* se reconocen 13 especies, aunque desafortunadamente cinco de ellas extintas (*A. atwoodi*, *A. erythrocephala*, *A. gossei*, *A. guadeloupeensis* y *A. tricolor*) (Forshaw 1989, BirdLife International 2016).

En México, sólo se distribuyen dos especies, las cuales enfrentan una situación crítica debido principalmente al efecto combinado de altas tasas de saqueo de sus nidos y la pérdida y fragmentación del hábitat (Collar & Juniper 1992). A pesar de los múltiples esfuerzos de conservación por parte de instituciones académicas, gubernamentales y no gubernamentales. Por ejemplo: Proyectos PROCER (programa de conservación de especies

en riesgo) financiados por la CONANP o programas de conservación implementados por una asociación civil (e. g., Unidos por las Guacamayas; Bonilla-Ruz & Cinta-Magallón 2008). Aún se desconocen los parámetros básicos de reproducción y abundancia de las especies a lo largo de su distribución. Esto justifica continuar con trabajos que aborden a fondo y describan las características importantes de anidación, así como los factores que afectan su conducta reproductiva, para crear programas de conservación integrales en las áreas de distribución de la especie.

La importancia de la Guacamaya Verde

A pesar de existir diversos estudios sobre distribución y biología de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*), todavía se desconocen los factores que limitan su reproducción, a pesar de existir algunos trabajos que han abordado esta temática (Carreón 1997, Loza-Salas 1997, Reyes-Macedo 2007, Sierra-Franco 2006, Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014, de la Parra-Martínez *et al.* 2015).

Actualmente, la mayoría de pericos, loros y guacamayas Neotropicales se enfrentan a amenazas que disminuyen sus poblaciones. La Guacamaya Verde parece estar particularmente limitada al presentar poblaciones pequeñas y dispersas. Por lo que es urgente identificar áreas claves para la reproducción y que posiblemente funcionen como hábitats fuente, así como identificar áreas estratégicas para su conservación, ya que a lo largo de su distribución remanente, se desconocen la dinámica de dispersión y productividad de sus poblaciones.

Particularidades de la especie

- Se encuentra considerada entre las especies más amenazadas de Psitácidos.

- Es la guacamaya con la distribución más norteña en todo el continente.
- Presenta en México una distribución geográficamente amplia y heterogénea en condiciones ambientales.
- A pesar de los distintos estudios efectuados a nivel local, todavía se carece de información sobre la relación entre calidad de hábitat, niveles de productividad y reclutamiento, por lo cual se desconocen múltiples factores que limitan la reproducción de la especie.
- Posiblemente en México estén presentes las poblaciones más abundantes a nivel mundial, por lo que es considerada una especie sombrilla y su protección no sólo protegería a la especie, sino a su hábitat y a las especies que en él se encuentran.

Relevancia y alcance de la tesis

El estudio de algunos aspectos de la biología reproductiva (éxito de anidación) de la Guacamaya Verde y los factores que afectan su conducta, permitirían determinar el nivel de consistencia en el esfuerzo reproductivo y fortalecerán la hipótesis que se plantea de que los bosques de la región de Bahía de Banderas, presentan las mejores condiciones de calidad de hábitat (Bonilla-Ruz *et al.* 2014), facilitando el diseño de estrategias de conservación, aportando además información útil para entender la relación entre calidad de hábitat y desempeño reproductivo no sólo en esta especie, sino en otras especies de guacamayas y Psitaciformes con requerimientos similares, ya que en este estudio se examina la influencia de las variables asociadas al desempeño reproductivo de la especie.

OBJETIVOS

Evaluar el éxito reproductivo y determinar los principales factores que influyen en el éxito reproductivo de la Guacamaya Verde en la Región de Bahía de Banderas, Jalisco.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Integrar la información disponible del conocimiento generado en México sobre la biología de la Guacamaya Verde.
- Resaltar la información existente sobre la reproducción de la especie, identificando aquellos temas poco estudiados que nos permitan entender el efecto de las características ambientales en el éxito reproductivo de la especie.
- Estimar y modelar el éxito de anidación, conocer su variación interanual y la consistencia de los resultados a lo largo de tres temporadas de anidación (2012-2014).
- Identificar las variables que influyen sobre la supervivencia de los nidos de la Guacamaya Verde

ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente trabajo está dividido en dos capítulos, se presenta en forma introductoria la descripción del área de estudio, resaltando aspectos como vegetación, clima, tipos de suelo y un mapa mostrando la zona.

El primer capítulo presenta una revisión e integración de la información existente sobre las características del hábitat a nivel local a lo largo de su área de distribución, así como su estado de conservación en México, identificando los principales vacíos de información sobre aquellos factores que pueden influir sobre la conducta de anidación de la Guacamaya Verde.

El capítulo dos, analiza el éxito reproductivo con los métodos del éxito aparente del nido y la exposición logística, así como un análisis resaltando aquellas variables que son importantes para el éxito de los nidos de la Guacamaya Verde.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye las comunidades de “Boca de Tomatlán” en el municipio de Puerto Vallarta, un remanente de bosque tropical subcaducifolio conservado, donde se concentra la mayor cantidad de nidos. “Las Juntas y los Veranos” y “Rancho Paraíso” en el municipio de Cabo Corrientes (en la porción sur de la Bahía de Banderas, Jalisco), se caracterizan por presentar bosque de pino-encino (Fig. 1).

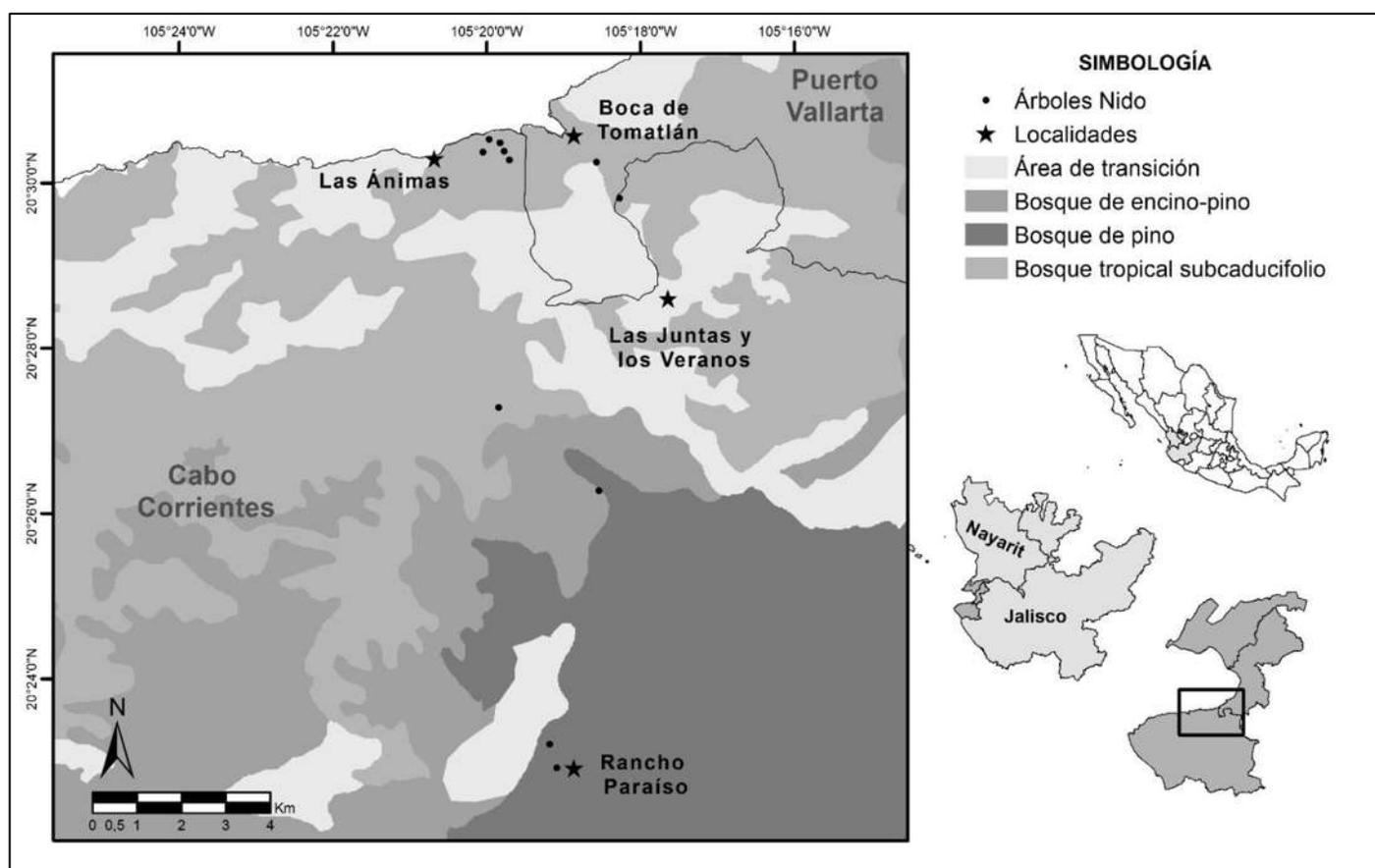


Figura 1 – Área de estudio y localización de nidos de la Guacamaya Verde

Descripción física

El área de estudio pertenece a las provincias biogeográficas denominadas Costa del Pacífico y Eje Volcánico, de las provincias fisiográficas Sierras de la Costa de Jalisco y Sierras Neovolcánicas Nayaritas, y de las ecorregiones Selvas Secas de Jalisco y Nayarit, Bosques de Coníferas y Encinos del Sistema Neovolcánico Transversal, y Selvas Secas de Sinaloa y Bosques de Coníferas y Encinos de la Sierra Madre Occidental (Schaaf 2002, Vega-Rivera & Quesada-Avedaño 2010).

El clima predominante en la región es el tropical cálido subhúmedo con lluvias en verano o Aw₁ (García 1988, Velázquez-Ruiz *et al.* 2012). La precipitación anual varía y va desde los 1100 a los 2000 mm, mientras que la temperatura media anual es de 24.5°C, correspondiendo al subgrupo cálido de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García (1988). La oscilación media mensual es de 4.3°C, mientras que la temperatura máxima anual es de 30°C.

El área presenta suelos de tipo leptozol, regosoles y feozems, sin embargo, en las costas y arroyos de Jalisco podemos encontrar una gran diversidad de arenas y fragmentos de rocas; la mayoría de afloramientos del área están formados por granitos, granodioritas y tonalitas pertenecientes al Batolito de Puerto Vallarta. Los suelos que se presentan encima de las rocas graníticas son colores típicos de pardo ocre hasta pardo rojizos.

También podemos encontrar en la región rocas volcánicas (Cretácico), los suelos producidos por el intemperismo de las secuencias volcánicas muestran un color característico gris-verdoso que tienen una alta fertilidad. Además de las rocas graníticas y volcánicas, las rocas sedimentarias están presentes en la costera que va de Puerto Vallarta a

Barra de Navidad. Los conglomerados son de origen fluvial-continental y son testigos de un periodo más húmedo y lluvioso de Jalisco.

El sitio de estudio se encuentra enmarcado dentro de las regiones hidrológicas de Ameca y Huicicila, regiones engloban las cuencas Río Ameca-Ixtapa y Río Cuale-Pitilla, los cuales a su vez tienen una gran cantidad de corrientes de agua permanentes como son los ríos: Ameca, Zarca, El Cuale, El Naranjal, El Nogal, El Nogalito, La Torrecilla, Los Cuartones, Los Menores, Los Horcones, Mascota, Mismaloya, Palo María, Piedra Gorda, Pitilla, Quelitán, San Sebastián y Vallejo. También cuenta con algunas corrientes intermitentes o de temporada como lo son: El Diablo, El Indio, La Tigra, Los Cangrejos, Los Llanitos, Quelitán, San Luis, Santo Domingo, Seco, Texas y Vena de Santa Marta (Schaaf 2002).

Descripción biótica

El área de estudio pertenece a la región prioritaria para la conservación Cabo Corrientes-Río Ameca e incluye parte de las regiones terrestres prioritarias de Sierra de Vallejo-Río Ameca. Esta zona presenta un marcado gradiente altitudinal (que va desde el nivel del mar hasta los 600 m s.n.m.) y una complejidad topográfica que resultan en una gama importante de tipos de vegetación.

En este sentido, los tipos de vegetación que destacan son: el bosque tropical subcaducifolio establecido desde el nivel del mar hasta los 400 m s.n.m., seguido de una zona de ecotono donde el bosque tropical subcaducifolio se mezcla con elementos de bosque templado de encino-pino entre los 410 a 550 m s.n.m., y finalmente a mayor altitud se encuentra desde los 550 m un bosque mixto de encino-pino.

En las laderas con orientación al sur, sobre terrenos rocosos se puede encontrar en menor medida bosque tropical caducifolio en elevaciones de alrededor de 400 m. Esta zona es catalogada como una de las regiones más importantes en el pacífico mexicano gracias a su extensión y a las condiciones poco alteradas del bosque tropical subcaducifolio (Vega-Rivera & Quesada-Avenidaño 2010).

La vegetación principal de esta región entre el nivel del mar y los 400 m s.n.m., es el bosque tropical subcaducifolio, caracterizado por tener un estrato superior con árboles de más de 20 m de altura, los árboles en la temporada seca no pierden sus hojas o se defolían sólo por un periodo corto, las especies de árboles más comunes incluyen *Bursera arborea*, *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Plumeria rubra*, *Pseudobombax ellipticum*, *Cecropia spp.*, *Hura polyandra*, *Tabebuia rosea*, *T. donnell-smithii*, *Orbignya guacuyule*, *Sabal rosei*, *Ficus citrifolia*, y *Pachycereus pecten-aboriginum* (Rzedowski 2006, Vega-Rivera & Quesada-Avenidaño 2010).

A elevaciones que sobrepasan los 400 m s.n.m. la vegetación cambia drásticamente a una zona de transición entre el bosque tropical subcaducifolio, seguido de bosque de encino (*Quercus spp.*), y a mayor altitud podemos encontrar un bosque de pino (*Pinus spp.*) (Fig. 2).



Figura 2 - Tipos de vegetación en el área de estudio: A) Área de transición entre el Bosque de Encino-Pino y Bosque tropical subcaducifolio, B) Bosque de Encino-Pino y C) Bosque Tropical Subcaducifolio.

El uso potencial del suelo corresponde principalmente a la actividad agrícola y la pecuaria. Dentro de las tierras disponibles para la agricultura sólo el 30% se utiliza ya sea para agricultura mecanizada continua, con tracción animal estacional, manual continua y manual estacional, mientras que el 70% de las tierras restantes no son aptas para la agricultura. En lo que respecta a la actividad pecuaria el 92.2% de las tierras son utilizadas con este fin, mientras que el 7.8% restante no sirven para dicha función (Schaaf 2002).

LITERATURA CITADA

- Avilés-Ramos, L. M. 2014. Hábitat y actividad de una población de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Bahía de Banderas, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Moreli, Michoacán. Pp 65.
- Bennett, P. M., & I. P. F. Owens. 1997. Variation in Extinction Risk Among Birds: Chance or Evolutionary Predisposition? *Proc. R. Soc. B* 264: 401–408.
- BirdLife International. 2016. *Ara militaris*. IUCN Red List Threat. Species 2013. Available at <http://www.iucnredlist.org/details/22685548/0> [Accessed 26 April 2016].
- BirdLife International. 2013. *Ara militaris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T22685548A48043680. Available at <http://www.iucnredlist.org/details/22685548/0> [Accessed 20 February 2016].
- BirdLife International. 2014. Species Factsheet: *Ara militaris*. : 1. Available at <http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=1549> [Accessed 26 April 2014].
- Bonilla-Ruz, C., T. C. Monterrubio-Rico, L. M. Avilés-Ramos, & C. Cinta-magallon. 2014. Anidación gregaria y éxito reproductivo en la guacamaya verde (*Ara militaris*) en un bosque tropical costero del occidente de México. *Ornitol. Neotrop.* 25: 303–316.
- Carreón, 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 Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp 115.
- CITES. 2015. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres. Apéndices I, II y III. : 47. Available at

<https://cites.org/esp/app/appendices.php> [Accessed 2 July 2015].

- Collar, N. J., M. J. Crosby, & A. J. Stattersfield. 1994. *Birds to Watch 2: The World List of Threatened Birds*. Cambridge, U.K BirdLife C. BirdLife International, Cambridge, U. K. pp 407.
- Collar, N. J., & T. Juniper. 1992. Dimensions and causes of the parrot conservation crisis. Pp. 1–24 *in* Beissinger, R. S. & F. R. Snyder (eds). *New world parrots in crisis: solutions from conservation biology*. Washington, D. C. Pp 304.
- Forshaw, J. M. 1989. *Parrots of the World*. CSIRO publishing, Princeton, New Jersey. pp 328.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de Clasificación climática de Köppen Offset Lar. Larios, O. (ed). México, D. F. Pp 217.
- de la Parra-Martínez, S. M., K. Renton, A. Salinas-Melgoza, & L. G. Muñoz-Lacy. 2015. Tree-cavity availability and selection by a large-bodied secondary cavity-nester: the Military Macaw. *J. Ornithol.* 156: 489–498. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s10336-014-1150-9>.
- Loza-Salas, C. A. 1997. Patrones de Abundancia, Uso de Hábitat y Alimentación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*), en la Presa Cajón de Peña, Jalisco, México. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp 63.
- Reyes-Macedo, G. 2007. Biología Reproductiva de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la cañada Oaxaqueña, Dentro de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Pp 65. Instituto Politecnico Nacional. Available at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15998525>.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México* 1ra. Ed., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. Pp 504. Available at http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf.
- Schaaf, P. 2002. Geología y Geofísica de la Costa de Jalisco. Pp. 11–16 *in* Noguera, F. A., J. H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete, & M. Quesada-Avenidaño (eds). *Historia Natural de Chamela*. Instituto del Biología, México, D. F. Pp 568.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección al Ambiente. Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre. Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio. Lista de Especies en Riesgo. México, D. F.
- Sierra-Franco, D. 2006. Estudio Ecológico de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*

LINNAEUS) en el Salto del Agua Llovida, Municipio de Durango, Durango. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. Pp 58.

Vega-Rivera, J. H., & M. Quesada-Avedaño. 2010. Cabo Corrientes-Río Ameca, Jalisco. Pp. 425–432 *in* Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel, & J. Dirzo (eds). *Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. Pp 591.

Velázquez-Ruiz, A., L. M. Martínez, & F. M. Carrillo-González. 2012. Caracterización climática para la región de Bahía de Banderas mediante el sistema de Köppen, modificado por García, y técnicas de sistemas de información geográfica. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 79: 7–19.

CAPITULO UNO

HISTORIA DE VIDA DE LA GUACAMAYA VERDE

Abstract – Life history of the Military Macaw. The aspects and features that influence the survival and reproduction of a species are defined as life history traits, and is necessary their understanding for the adequate management and conservation decisions for the species. In Mexico, a few threatened species rely on adequate baseline information about their life histories; an exception is the Military Macaw. The aim of this chapter is to integrate all reliable published baseline information generated in Mexico and abroad related with the Military Macaw ecology and biology. We revised 1162 references in the Latinoamerican Network of Psittaciformes Conservation. Only 79 publications contained biology or ecology information related with the Military Macaw. Most information available corresponds to four general topics: distribution, abundance, feeding, and reproduction. Four different studies have provided estimates of the species historic and present distributions, the studies differ in assumptions related with the use of historic or recent field records, and in the absence or occurrence of field verification of the model predictions. All the studies estimated habitat and distributional loss for the species. Among studies, only a few documented estimates of local population size, with the majority of studies providing only information related with occasional sightings or records of new areas with reported activity. The largest population estimates correspond to Yelapa, Jalisco, and Tehuacan-Cuicatlan, Oaxaca with 215 and 100 individuals, respectively.

In terms of food resources used, in Mexico the Military Macaw has been reported feeding from 96 plant species, with the highest plant species richness reported for Oaxaca and Michoacan with 27 and 29 species, respectively. In contrast the nesting population in

Durango was observed using only one plant species. Among localities, a general pattern was observed, everywhere only two or three plant species constitute the “core diet” and are consumed frequently. Reproduction has been the most studied military Macaw topic in Mexico. The species nesting season exhibits enormous variation among the different regions of the Country, affected by precipitation regimes which influences food availability in each area. The macaws are able to nest in two substrates: cliff crevices or tree cavities. In both substrates the relation between causes of nest losses and reproductive success is still little known. Nest poaching, predation and climatic exposure are commonly reported as the main factors affecting nest success. However complement on these issues is essential to find the necessary requirements for the species, and create an effective conservation programs in each area where the species is found.

Key Words - Military Macaw, Life History, Distribution, Abundance, Feeding, Reproduction, Mexico.

Resumen - La historia de vida de los organismos se define por el conjunto de aspectos y características que influyen en la supervivencia y reproducción, su comprensión es necesaria para la gestión y toma de decisiones adecuadas para la conservación de la especie. En México, la Guacamaya Verde es de las pocas especies amenazadas que concentran una gran cantidad de información acerca de su historia de vida. En este sentido, el objetivo del estudio fue integrar todas las publicaciones realizadas en México y en el extranjero acerca de la biología o historia de vida de la Guacamaya Verde. Revisamos 1162 referencias concentradas en la base de datos de la Red Latinoamericana para la Conservación de Psittaciformes. Solo 79 publicaciones contienen información acerca de la biología o ecología de la especie. La mayoría de la información aborda cuatro temáticas principales en la revisión: distribución, abundancia, alimentación y reproducción. La

distribución potencial e histórica es analizada solo en cuatro estudios, los cuales proporcionan estimaciones sobre la distribución potencial y difieren en los supuestos relacionados al uso de datos históricos o de campo, así como de la verificación de los modelos en las áreas estimadas. Los estudios concluyen que la especie ha sufrido pérdida y disminución del hábitat disponible y distribución. Entre los diferentes estudios, pocos documentan estimación de tamaños poblacionales, la mayoría de ellos reporta avistamientos ocasionales y nuevos registros para diferentes áreas. Un ejemplo destacable de estimación poblacional es el realizado en Yelapa, Jalisco o en Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca con 215 y 100 individuos, respectivamente, donde se encuentran las poblaciones más numerosas. En México se han reportado 96 especies vegetales que consume la Guacamaya Verde, Oaxaca y Michoacán concentran la mayor riqueza de especies dieta con 27 y 29 especies, respectivamente. En contraste con la población observada en Durango, donde solo una especie de planta es consumida. Entre localidades, se observa un patrón general, donde solo dos o tres especies vegetales son las consumidas con mayor frecuencia. Por otro lado, la reproducción es uno de los temas más abordados en México. La temporada de reproducción muestra una variación enorme entre regiones, dicha variación está relacionada con los regímenes de precipitación que afectan la disponibilidad de alimento en cada región. La reproducción se ha reportado en dos sustratos: cavidades de acantilados y en árboles. En ambos sustratos la relación entre las causas de pérdidas de nidadas y éxito reproductivo es poco conocida. Existen reportes donde sugieren que la depredación natural y por el hombre reducen el éxito reproductivo, sin embargo, complementar estos temas es esencial para determinar los requerimientos necesarios de la especie.

Palabras Clave - *Ara militaris*, Historia de Vida, Distribución, Abundancia, Alimentación, Reproducción, México.

INTRODUCCIÓN

La historia de vida de un organismo se define por el conjunto de aspectos o rasgos que influyen en la supervivencia y reproducción del mismo (Stearns 1992, Martínez-Gómez 2003). Dichos aspectos son clave y en ellos radica nuestra capacidad para conservar a las especies. La falta de conocimiento sobre la historia de vida de un organismo repercute en la efectividad de la toma de decisiones y prioridades de conservación para el organismo (Primack *et al.* 2001).

En México y en el mundo, existe la carencia de información sobre la historia de vida de muchas especies en riesgo (Benítez-Díaz y Bellot-Rojas 2016), donde el grupo de las aves no son la excepción. Entre las especies en riesgo, encontramos a la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) (Sarabia-Pérez *et al.* 2012), una de las dos especies de guacamayas residentes en la República Mexicana (Collar & Juniper 1992, Peterson & Chalif 1994, Howell & Webb 1995). Esta especie presenta una distribución extensa a pesar de la contracción sufrida durante los últimos 80 años, ya que en 1943 aún se le registraba en la costa de Chiapas (Alvarez del Toro 1951).

La combinación de factores causados por el hombre como la pérdida, fragmentación y degradación del hábitat, la captura de los individuos para el comercio ilegal, así como rasgos intrínsecos de la especie como son sus bajas tasas de eclosión de los polluelos, edad tardía a la que alcanzan su madurez sexual y baja productividad por nidada, han dificultado que las poblaciones de la especie se recuperen numéricamente (Carreón 1997, Gaucín-Ríos 1999, Gómez-Garduño 2004, Reyes-Macedo 2007, Bonilla-Ruz *et al.* 2014, Iñigo-Elias & Ramos 1991). Actualmente, la Guacamaya Verde está catalogada por las leyes mexicanas como “En peligro de extinción” (NOM-059-SEMARNAT-2010) y a nivel internacional

como “vulnerable” (BirdLife International 2013, U.S. Fish & Wildlife Service 2015), además por la alta demanda de los individuos para el comercio se encuentra listada en el Apéndice I del CITES (CITES 2015).

Actualmente, existe información que ayuda a comprender los patrones generales de distribución, abundancia, reproducción y alimentación; sin embargo, aún se desconocen múltiples aspectos sobre su conducta reproductiva, la selección y uso de hábitat, y como varía su desempeño reproductivo en el tiempo y entre áreas, no sólo en México sino a lo largo de toda su distribución (Carreón 1997, Loza-Salas 1997, Reyes-Macedo 2007, Rivera-Ortíz 2007, Juárez *et al.* 2012, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Ante esta situación, la carencia de información sobre los parámetros poblacionales básicos (tamaño efectivo de la población reproductora, tamaño poblacional, productividad y sobrevivencia) dificulta el diseño de programas de manejo y conservación que se puedan evaluar cualitativa y cuantitativamente, además que sean viables para ejecutar en las áreas específicas donde está presente la especie. En este panorama, el objetivo de este capítulo es integrar la información disponible sobre la biología de la Guacamaya Verde, resultante de una revisión exhaustiva del conocimiento generado para la especie, particularmente en México, identificando y detallando aquellos factores que suelen influir en la reproducción y viabilidad poblacional de la Guacamaya Verde.

Fisonomía de la Guacamaya Verde

La guacamaya verde presenta un tamaño corporal entre 68.5 - 76 cm y un peso de entre 700 a 900 gramos (Monterrubio-Rico *et al.* 2005, CONANP 2007, Sarabia-Pérez *et al.* 2012).

No presenta dimorfismo sexual aparente, aunque Bonilla-Ruz *et al.* (2011), señalan que

suele presentar características dimórficas secundarias a través de ciertas medidas morfológicas y un índice ocular.

Su plumaje es verde brillante, con un tono de verde mate en la nuca y cuello. Presenta plumas de colores azul turquesa en la rabadilla, en las plumas cobertoras de la cola y las plumas de vuelo. El plumaje de la frente es de color rojo, el pico es negro con algunas manchas color blanco las cuales se presentan por el desgaste del pico. Las mejillas carecen de plumas y es blanca, presenta sólo algunas líneas de pequeñas plumas color negro y rojo, las cuales han servido como huella digital para identificar a nivel individual (Bonilla-Ruz *et al.* 2011). Las plumas rectrices son de color rojo en la base, mientras que en los extremos presenta color azul turquesa. El iris es de color amarillo (café o gris-verdoso en los juveniles). En vuelo se pueden apreciar colores tales como el verde y amarillo en la parte inferior de las plumas de vuelo y la cola, mientras que las patas y los dedos son de color gris oscuro (Gardner 1971, Forshaw 1989, Iñigo-Elias 2000, Monterrubio-Rico *et al.* 2005, CONANP 2007, Sarabia-Pérez *et al.* 2012).

Si la Guacamaya Verde y la Gran Guacamaya Verde (*Ara ambiguus*) fueran simpátricas podrían confundirse con facilidad; entre las pocas diferencias entre estas dos especies es el tamaño corporal, su distribución (Eberhard *et al.* 2015) y algunos patrones de coloración en las plumas cobertoras de la cola y las alas, los cuales varían ligeramente (Fjeldså *et al.* 1987). La relación filogenética de estas dos especies todavía es poco clara. Sin embargo, Eberhard *et al.* (2015) reportan que las dos especies tienen un origen monofilético pero que han evolucionado en linajes diferentes, con excepción de una población en Ecuador, la cual se cree resultó de la hibridación entre ambas especies y es reconocida como la subespecie *Ara ambiguus guayaquilensis* (Fjeldså *et al.* 1987, Eberhard *et al.* 2015).

A pesar de que se reconocen tres subespecies de la Guacamaya Verde a lo largo de su distribución, para algunos autores esta clasificación es poco clara y no está muy bien sustentada (Eberhard *et al.* 2015). De forma contraria, en México algunos trabajos presentan la evidencia de que las poblaciones residentes de la vertiente del Golfo y las poblaciones del Pacífico son genéticamente diferentes (Rivera-Ortíz 2014, Eberhard *et al.* 2015). Las condiciones ambientales (temperatura, precipitación), así como el aislamiento de las poblaciones se mencionan como factores responsables de esta diferenciación (Rivera-Ortíz 2014, Eberhard *et al.* 2015). Sin embargo, hasta ahora no proponen de forma clara una recategorización de estas poblaciones de Guacamaya Verde en México.

Distribución de la Guacamaya Verde

A escala continental, la guacamaya verde se distribuye de forma fragmentada desde el norte de Argentina hasta el norte de México (Forshaw 1989, Arizmendi 2008, Juárez *et al.* 2012). En su distribución, se reconocen tres subespecies (*A. militaris boliviana*, *A. m. militaris* y *A. m. mexicana*; Forshaw 1989; Juárez *et al.* 2012).

Ara militaris boliviana se distribuye principalmente en Bolivia y norte de Argentina (Navarro *et al.* 2008, Juárez *et al.* 2011, Rivera *et al.* 2012), *Ara militaris militaris* se distribuye desde el noroeste de Venezuela, Colombia y por la vertiente media de los Andes y el noroeste de Perú (Forshaw 1989, Florez & Sierra 2004, Arcos-Torres & Solano-Ugalde 2008).

La subespecie *Ara militaris mexicana* se distribuye sólo en México, desde el centro de Sonora y la porción centro occidental de Chihuahua, a lo largo de la vertiente del Pacífico hasta el oeste de Guerrero, mientras que por la vertiente del Golfo está presente desde

Tamaulipas, Durango hasta Oaxaca (Iñigo-Elias 1999, Juárez *et al.* 2012, Marín-Togo *et al.* 2012).

A pesar de que se han descrito los patrones de distribución general a nivel continental para las tres subespecies, la información más completa para la especie corresponde a la subespecie presente en México. Por otra parte, para pocos sitios se ha documentado la presencia de poblaciones establecidas; para la subespecie *A. m. boliviana* se han reportado cuatro avistamientos pertenecientes a la región de Salta, Argentina, lo que hace suponer que sea una misma población por la cercanía de las localidades registradas (500 a 2000 m; Navarro *et al.* 2008; Juárez *et al.* 2011; Rivera *et al.* 2012).

Esta misma situación sucede para la subespecie *A. m. militaris*, la cual se ha reportado para dos localidades (Antioquia, Colombia y en la Reserva Centro Kichwa Río Guacamayos, Provincia de Orellana en Ecuador), sitios caracterizados por presentar bosques tropicales secos y bosque tropical perennifolio, respectivamente (Florez & Sierra 2004, Arcos-Torres & Solano-Ugalde 2008).

Para la subespecie *A. m. mexicana* se conoce con mayor detalle su distribución actual, además de que quizá sea la especie más estudiada entre los Psitácidos mexicanos y por ello se ha estimado con precisión que la especie ha perdido hasta un 15.6% de distribución original, especialmente en el Pacífico central y sur, incluyendo zonas costeras de Chiapas, Oaxaca y Michoacán (que equivale a 66,831 km²). Sin embargo, se tiene evidencia que para algunas regiones parece mostrar una distribución continua como en la Sierra Madre Occidental en Sinaloa o la región del Bajo Balsas de Michoacán (Monterrubio-Rico *et al.* 2011, Marín-Togo *et al.* 2012, Monterrubio-Rico 2012).

Por otra parte, los registros disponibles desde el año 2000 tanto en la literatura como de bases de datos disponibles, confirman su presencia en más 17 estados de la república y en más de 30 localidades con presencia persistente en el país (Monterrubio-Rico et al. 2011; Marín-Togo et al. 2012; Monterrubio-Rico 2012).

Generalidades de la Revisión

Se revisaron 1162 referencias de la base de datos de la Red Latinoamericana de Conservación de Psitácidos, la cual concentra las publicaciones sobre las especies de la Familia Psittacidae en Latinoamérica. Mediante palabras clave como: “Guacamaya Verde”, “*Ara militaris*” y “Military Macaw” se identificaron artículos científicos (n = 29; 36.7%), notas científicas (n = 8; 10.1%), artículos de divulgación (n = 2; 2.5%), disertaciones por tesis (n = 16; 20.3%), informes de proyectos (n = 20; 25.3%), fichas técnicas (n= 2; 2.5%) y capítulos de libros (n = 2; 2.5%) relacionados con la especie. Para cada estudio enfocado en algún aspecto de la biología o historia de vida de la especie se registró el tipo de publicación, el lugar donde se realizó el trabajo y la temática que aborda. Se revisaron 79 publicaciones (Fig. 1), que evalúan algún aspecto de la biología o ecología de la Guacamaya Verde. El mayor porcentaje de los trabajos (92.4%; n = 73) para la Guacamaya Verde se han realizado en los últimos 20 años (Fig. 2).

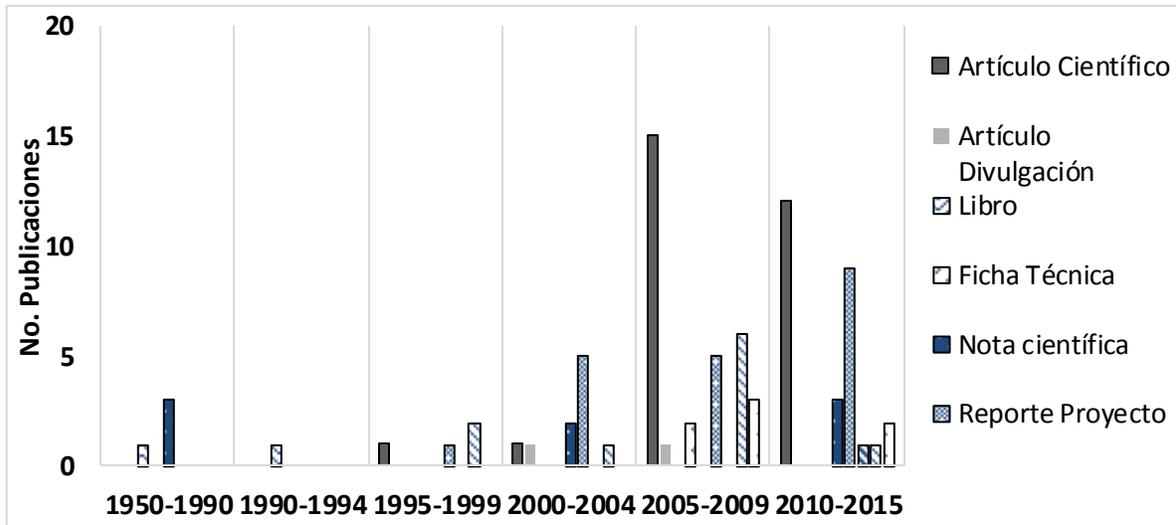


Figura 1 - Tipos de publicaciones realizadas para la Guacamaya Verde (*Ara militaris*).

El 78.4% (n = 62) de los trabajos hacen referencia a cuatro temas esenciales (distribución, alimentación, abundancias poblacionales y reproducción); el resto (21.5%) atiende otras temáticas como ámbito hogareño, análisis de vocalizaciones y monografías realizadas para la especie. Para cada uno de los temas se identificaron: a) las localidades donde se efectuaron las observaciones, b) las especies de plantas de las cuales se alimenta, c) las estimaciones poblacionales y los métodos efectuados para las estimaciones, d) fechas de reproducción y puesta de huevos, la especie de árbol en la que anida, sus dimensiones así como el lugar de donde se reporta anidación. Finalmente, se revela que la mayor cantidad de estudios se han efectuado en México (89.4%; n = 68).

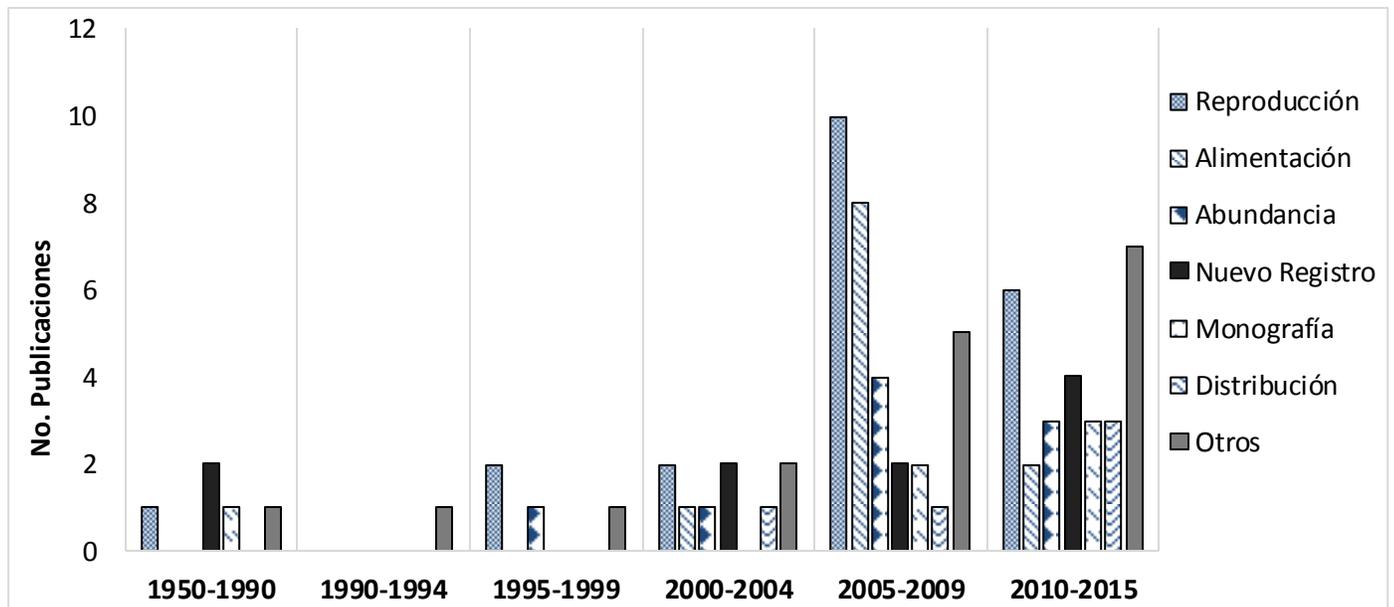


Figura 2 - Temas incluidos en 79 estudios publicados sobre la Guacamaya Verde (*Ara militaris*).

Tipos de Vegetación

El intervalo altitudinal en el que se distribuye la subespecie mexicana abarca desde el nivel del mar hasta los 2300 m s.n.m. (Forshaw 1989, Sierra-Franco 2006). En este amplio intervalo, la guacamaya se ha adaptado a una gran variedad de tipos de vegetación a lo largo de su distribución en México. Por ejemplo: se le ha reportado a la especie desde zonas extremadamente áridas en el bosque tropical caducifolio en sitios como La Huacana, Michoacán (De Labra-Hernández 2007), Jocotlán, Jalisco (Gómez-Garduño 2004); Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca (Salazar-Torres 2001, Bonilla-Ruz & Reyes-Macedo 2006, Bonilla-Ruz, Reyes-Macedo & García 2007, Rivera-Ortíz *et al.* 2008, Pizaña 2009); Cósala, Sinaloa (Rubio-Rocha *et al.* 2007, Rubio-Rocha 2001), o Guerrero (Almazán-Núñez & Nova-muñoz 2006, Villaseñor & Botello 2012).

Se ha registrado en bosques más húmedos como en el Sótano del Barro, Querétaro (Gaucín-Ríos 1999), Puebla (Salazar-Torres *et al.* 2010, Hernández-Castan *et al.* 2012). Otro tipo de vegetación es el bosque tropical subcaducifolio, siendo Jalisco el principal estado por número de localidades donde se ha reportado a la especie: La presa de Cajón de Peñas (Carreón 1997), Puerto Vallarta y Cabo Corrientes (Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014, de la Parra-Martínez *et al.* 2015), y en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (Carabias-Lillo *et al.* 2000, Monterrubio-Rico 2012). Aunque la mayoría de localidades de registro corresponden a zonas de bosques tropicales, también hay reportes en bosques templados (pino, pino-encino) como en: Salto de Agua Llovida, Durango (Sierra-Franco 2006), y Cabo Corrientes (Bonilla-Ruz *et al.* 2014, de la Parra-Martínez *et al.* 2015). O Incluso se sabe que visitan el manglar para consumir brotes tiernos en Puerto Vallarta, Jalisco (Ornelas-Carrillo *et al.* 2013)

Aunque existen múltiples registros de presencia de la especie para estados de la vertiente del Pacífico norte y central, son pocos los lugares para donde se reportan poblaciones anidantes. Por esta razón es necesario continuar con la exploración y localización de áreas de anidación, especialmente en los estados de Tamaulipas, Sinaloa y Michoacán. En Sudamérica existe el ejemplo de Juárez y colaboradores (2011) o de Flórez y Sierra (2004), quienes continúan con la exploración de zonas importantes para la Guacamaya Verde en Argentina y Colombia, respectivamente, para así determinar los requerimientos específicos de las poblaciones locales.

Abundancia de la Guacamaya Verde en México

Además de conocer con precisión la distribución de la especie, es igualmente importante conocer la abundancia poblacional de la guacamaya para distintas regiones. Los tamaños y el estatus poblacional son claves para evaluar el riesgo y nivel de vulnerabilidad y viabilidad de cada población. Sin embargo, a pesar de los registros disponibles para la especie, en pocos estudios se documentan estos parámetros locales a lo largo de su distribución (Juárez *et al.* 2012).

Para Sudamérica existen pocas estimaciones poblacionales. Un caso es el de *A. m. boliviana* en la región de Salta, Argentina, en donde mediante puntos de conteo en sitios elevados se lograron estimaciones que van de los 4 a 41 individuos en la Reserva de Flora y Fauna Acambuco. Al tratarse de una región de difícil acceso, se efectuaron sólo cuatro expediciones con una duración de 3 a 4 días, durante los años de 2007 y 2008 (Navarro *et al.* 2008). En La Peña Chorro Alto, Salta, Argentina, se realizaron observaciones en los

meses de mayo y octubre de 2008, y enero y diciembre de 2009, reportándose un máximo de 52 individuos (Juárez *et al.* 2011).

Para la subespecie *A. m. militaris*, sólo existen dos reportes con estimaciones poblacionales; uno realizado en la localidad de Santa Cruz, Bolivia en el que se reporta un máximo de 18 individuos entre los meses de abril a agosto en un dormitorio (Rivera *et al.* 2012) y un segundo reporte para los municipios de Sabanalarga y Liborina, en Antioquia, Colombia, donde se reporta la población más numerosa para Sudamérica, con alrededor de 156 individuos en un dormitorio, el trabajo duró aproximadamente nueve meses entre septiembre de 2003 y mayo de 2004 (Florez & Sierra 2004).

Para la subespecie *A. m. mexicana* presente en México, existen varios reportes publicados sobre estimaciones poblacionales. Algunas estimaciones locales documentan pequeñas poblaciones de 17 individuos en Guerrero (Almazán-Núñez and Nova-Muñoz 2006) a 30 individuos como en San Luis Potosí (Lowry y Pérez-Elissetche 2016).

Sin embargo, las poblaciones más numerosas en el país son la de La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en Oaxaca con alrededor de 100 individuos (Bonilla-Ruz, Reyes-Macedo & García 2007, Reyes-Macedo 2007, Martínez-Domínguez 2008, Arizmendi 2008, Rivera-Ortíz *et al.* 2008), y la de Puerto Vallarta y regiones aledañas en Jalisco, con un mínimo de 215 individuos y una densidad de parejas anidantes de 3/km², siendo la densidad más alta de parejas reproductoras hasta ahora reportadas anidando en árboles (Bonilla Ruz *et al.* 2014, Rubio-Rocha 2014; Cuadro 1)

Cuadro 1 - Estimaciones poblacionales publicadas para la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en México.

Localidad	Estado	Área Natural Protegida	Año	Estimación Poblacional	Método	Autor
La Higuera	Guerrero	NO	2005	17	Punto Fijo*	a
Papalutla	Guerrero	NO	2006-2010	30	Punto Fijo	m
Cañón de Chichuehuetlán	Guerrero	NO	2010	30	Punto Fijo	v
Cañón El Sabino	Oaxaca	SI	2002-2004	100	Punto Fijo	b, c, d, e, f, g, h
Las guacamayas	Puebla	NO	2012	44	Transectos	l
Tehuacán	Puebla	SI	2008-2009	10	Punto Fijo	u
Cabo Corrientes	Jalisco	NO	2012	27	Transectos	n
Puerto Vallarta	Jalisco	SI	2012	67	Punto Fijo	o
Yelapa	Jalisco	NO	2013	215	Punto Fijo	x
Presa Cajón de Peñas	Jalisco	NO	1997	90	Transectos	p
Cósala	Sinaloa	SI	1998-1999	39	Punto Fijo	r, s, t
Sótano del Barro	Querétaro	SI	1999	79	Punto Fijo	k
Salto de Agua Llovida	Durango	NO	2004	60	Transectos	j
El Cielo	Tamaulipas	SI	-	40	-	q
RPC Sierra Tarahumara	Chihuahua	SI	2014-2015	75	Punto Fijo	i
Ciudad de Maíz	San Luis Potosí	NO	2015	30	-	w

Referencias: a) Almazán-núñez & Nova-muñoz 2006, b) Bonilla-Ruz *et al.* 2007 a, c) Bonilla-Ruz *et al.* 2007b, d) Bonilla-Ruz *et al.* 2008, e) Arizmendi 2008, f) Arizmendi *et al.* 2013, g) Rivera-Ortíz *et al.* 2008, h) Rivera-Ortíz 2007, i) Cruz-Nieto *et al.* 2015a, j) Sierra-Franco 2006, k) Gaucín-Ríos 1999, l) Hernández-Castan *et al.* 2012, m) Jiménez-Arcos *et al.* 2012, n) Muñoz-Lacy 2014, o) Ornelas-Carrillo *et al.* 2013, p) Carreón 1997, q) Rivera-Ortíz 2014, r) Rubio-Rocha *et al.* 2007, s) Rubio-Rocha 2001, t) Valiente-Sandoval 2008, u) Salazar-Torres *et al.* 2010, v) Villaseñor & Botello 2012, w) Lowry & Pérez-Elissetche 2016, x) Rubio-Rocha 2014.

* Presumiblemente por el método de Punto Fijo

La mayoría de estimaciones poblacionales han sido realizadas mediante dos métodos principales: transectos y puntos fijos. Estos métodos han sido ampliamente aplicados para realizar las estimaciones poblacionales en psitácidos (Ver revisión de Marsden and Royle 2015). En la Reunión de expertos en conservación de Psitácidos (Guacamaya Verde, *Ara militaris*) y Taller participativo de monitoreo, educación ambiental y capacitación, llevados a cabo del 11 y 12 de agosto de 2014 en Puerto Vallarta, se analizaron las ventajas y desventajas de los dos métodos; al tomarse en cuenta las condiciones topográficas (montañas, sierras, cañadas y acantilados) en que se encuentran la totalidad de las poblaciones de Guacamaya Verde en México se acordó que el método de conteo por puntos desde sitios elevados con amplia visibilidad, similar al efectuado para rapaces modificado para psitácidos (punto fijo), es el más adecuado para evaluar la abundancia de las poblaciones de Guacamaya Verde en México, especialmente de grupos localizados en dormideros, rutas principales de vuelo, zonas de alimentación y de anidación (Rubio-Rocha 2014, Bonilla-Ruz, Reyes-Macedo & García 2007, Arizmendi 2008, Martínez-Domínguez 2008, Rivera-Ortíz *et al.* 2008).

Los conteos desde puntos fijos elevados consisten en efectuar conteos desde puntos estratégicos para la especie, por ejemplo, en dormideros, rutas de vuelos y áreas de reproducción, donde una población local se congrega; en ocasiones se puede registrar hasta el 90% de las parejas observadas con intención de anidar. Los sitios adecuados para el conteo deben ser puntos elevados, con una visibilidad de 360° y con 300 m de profundidad de campo (Rubio-Rocha 2014). En el Sótano del Barro en Querétaro o en Tuhucán-Cuicatlan, Oaxaca se han implementado este método. Aunque los transectos desde lanchas, vehículos o en senderos han sido efectuados en Sudamérica, estos métodos presentan más

desventajas para efectuarse en los sitios de presencia de la Guacamaya Verde por su topografía abrupta. Los transectos no pueden realizarse ante la dificultad de las pendientes la poca visibilidad, método que solo puede proporcionar tasas o frecuencias de presencia ante la imposibilidad de estimar el número de guacamayas por encuentro, ya que en una parvada en vuelo difiere el número de las que vocalizan (Rubio-Rocha 2014).

Hábitos alimenticios de la Guacamaya Verde

El principal grupo de recursos alimenticios de la Guacamaya Verde son las semillas y frutas que obtiene de los árboles presentes en las zonas donde se encuentra la especie (Forshaw 1989). La composición de frutos, semillas, hojas y tallos de los que se alimenta resultan ser altamente tóxicos, por lo cual, la Guacamaya Verde necesita consumir elementos que ayuden a contrarrestar estas toxinas (Ornelas-Carrillo *et al.* 2013). Pocos estudios reportan “lamederos” que son lugares donde la guacamaya ingiere elementos como arcilla o una gran cantidad de sales para contrarrestar las toxinas (Juárez *et al.* 2012).

Recientemente se identificaron dos lamederos uno en Kichwa, Ecuador, donde parte de la población de Guacamaya Verde se concentra para consumir arcilla (Arcos-Torres & Solano-Ugalde 2008) y otro en Puerto Vallarta, Jalisco, México donde se observó que la especie se alimenta de hojas de mangle (*Rhizophora mangle*), las cuales presentan altas concentraciones de sales; se cree que la sal presente en el mangle podrían tener beneficios similares a la arcilla de los lamederos (Ornelas-Carrillo *et al.* 2013).

La Guacamaya Verde no utiliza de forma homogénea el hábitat disponible y cada población presenta una regularidad sobre sus áreas de alimentación, reproducción y descanso (Bonilla-Ruz, Reyes-Macedo & Santiago-Cruz 2007, Sarabia-Pérez *et al.* 2012). Se estima que utiliza sólo entre el 10 y 23% de los recursos vegetales disponibles para alimentarse localmente (Loza-Salas 1997, Iñigo-Elias 1999, Arizmendi 2008).

La diversidad de especies de plantas de las que se alimenta la Guacamaya Verde en su distribución en México es alta (se han reportado 92 especies de plantas que componen su dieta), aunque localmente la dieta se concentra en pocas especies de las cuales se alimenta

con mayor frecuencia (Juárez et al. 2012; Apéndice 1). Ejemplo de ello es lo reportado en la cañada Oaxaqueña, donde el número de especies registradas es de 27, sin embargo, especies como *Cyrtocarpa procera*, *Ceiba aesculifolia*, *Bursera áptera*, *B. cinérea*, *B. schlechtensalii* y *Neobuxbaumia tetetzo* son las consumidas con mayor frecuencia y tienen afinidad con el bosque tropical caducifolio (Contreras-González et al. 2007; Bonilla-Ruz et al. 2007b; Martínez-Domínguez and Bonilla-Ruz 2008; Contreras-González et al. 2009; Rivera-Ortíz et al. 2013).

En el estado de Jalisco son doce especies las reportadas en la dieta de la Guacamaya Verde, pero sólo dos (*Hura poliandra* y *Brosimum alicastrum*) son componentes estables y consumidos con mayor frecuencia (Carreón 1997, Loza-Salas 1997, Renton 2004, Muñoz-Lacy 2014). Para el estado de Querétaro se reportan nueve especies, siendo *Melia azedarach* la que consumen con mayor frecuencia (Gaucín-Ríos 1999).

Estudios realizados en la Cañada Oaxaqueña reportan el cambio de la dieta y la variación observada en todo el año para la especie (Bonilla-Ruz, Reyes-Macedo & García 2007, Arizmendi et al. 2013), con un patrón semejante, donde la mayor riqueza de especies consumidas (n = 10) por la Guacamaya Verde es en invierno (enero-marzo), fechas que corresponden con el pico de fructificación en el bosque tropical caducifolio y al inicio de la temporada reproductiva en la zona (Bonilla-Ruz et al. 2007b; Contreras-González et al. 2009; Arizmendi et al. 2013, Rubio-Rocha 2015). En Jalisco se reportan hasta 6 especies consumidas, sin embargo, la mayor riqueza (n = 5) son consumidas en los meses de marzo-abril, lo cual corresponde con el pico de abundancias para el bosque tropical subcaducifolio (Muñoz-Lacy 2014).

Los movimientos diarios y estacionales de las poblaciones de la Guacamaya Verde se pueden explicar a través de su alimentación; dichos movimientos no son azarosos y siguen la fenología de las especies de árboles de los cuales se alimenta (Contreras-González et al. 2007; Bonilla-Ruz et al. 2007c; Martínez-Domínguez and Bonilla-Ruz 2008; Contreras-González et al. 2009; Muñoz-Lacy 2014), de aquí que la especie utilice diferentes áreas de alimentación a lo largo de todo el año (Martínez-Domínguez & Bonilla-Ruz 2008).

En la Cañada Oaxaqueña se han reportado hasta siete áreas de alimentación que son usadas a lo largo del año de forma distinta. Por ejemplo, en invierno utiliza dos áreas, en primavera tres áreas, mientras que en verano y otoño se reporta el uso de solamente un área de alimentación (Martínez-Domínguez 2008, Martínez-Domínguez & Bonilla-Ruz 2008). Es importante mencionar que durante la temporada de reproducción, la Guacamaya Verde utiliza un mayor número (hasta tres) de áreas de alimentación en la cañada (Reyes-Macedo 2007, Martínez-Domínguez & Bonilla-Ruz 2008).

En general, las áreas de alimentación están alejadas de los dormideros o de las áreas de anidación (aunque suelen alimentarse de los árboles en los cuales tienen sus nidos o en árboles cercanos con disponibilidad de recursos), por lo que los movimientos diarios en búsqueda de alimento son comunes. Los movimientos son generalmente en parvadas o grupos familiares y la distancia promedio reportada que recorren los grupos en busca de alimento varía entre 10 a 20 km desde los dormideros o zonas de anidación a los lugares donde se alimenta (Gaucín-Ríos 1999, Bonilla-Ruz, Reyes-Macedo & Santiago-Cruz 2007, Cruz-Santiago 2007, Lowry & Pérez-Elissetche 2016).

Finalmente, especies como: *Brosimum alicastrum*, *Enterolobium clycocarpum* (Ornelas-Carrillo 2013), *Neobuxbaumia tetetzo*, *Bunchosia montana*, *Cyrtocarpa procera*, *Celtis caudata* y *Bursera aptera* (Contreras-González et al. 2009), son consumidas con mayor frecuencia por la Guacamaya Verde en distintas regiones de México (e. g., Jalisco, Sinaloa, Oaxaca) y las que tienen las más altas concentraciones de carbohidratos, fibra, proteínas, minerales, azúcares, lípidos y agua. Estas especies tienen sus mayores picos de fructificación durante la temporada de reproducción, permitiendo a la guacamaya obtener los requerimientos nutricionales para que los pollos se desarrollen (Contreras-González et al. 2009, Rubio Rocha 2015).

Sin duda alguna la población residente de guacamayas de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán es la más estudiada, abarcando una diversidad de temas que incluyen desde un listado de las especies dieta, hasta el papel que juega la guacamaya como depredadora de semillas. El conocimiento generado sobre la alimentación de la guacamaya es de gran importancia, sin embargo, aún se debe conocer mejor cómo las poblaciones usan espacialmente los recursos disponibles, además de conocer las especies que componen la dieta de la Guacamaya Verde, estimar los niveles nutricionales de las principales especies consumidas y determinar si cubren sus requerimientos nutricionales en cada región; de igual forma, es necesario comprender el papel funcional de la Guacamaya sobre las especies vegetales de las que se alimenta.

Reproducción de la Guacamaya Verde

Las poblaciones reproductoras de la Guacamaya Verde en México pueden hacer uso de dos tipos de sustrato para su anidación: en cavidades de acantilados, como en Querétaro, Sinaloa, Chihuahua, Tamaulipas y Oaxaca (Gaucín-Ríos 1999; Bonilla-Ruz and Reyes-Macedo 2006; Cruz-Nieto 2006; Reyes-Macedo 2007; Rivera-Ortíz et al. 2008; Rubio-Rocha 2015), o en cavidades de árboles como se reportan en la Presa de Cajón de Peñas, Jocotlán y Puerto Vallarta (Carreón 1997, Loza-Salas 1997, Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014). En la localidad de “El Salto de Agua Llovida, Durango” una proporción de las parejas anidan en cavidades de árboles y el resto en acantilados (Cuadro 2; Sierra-Franco 2006).

La Guacamaya Verde es social y su conducta de anidación es generalmente gregaria, por lo que es común encontrar grupos familiares o colonias cuando la especie anida en cavidades de acantilados (Bonilla-Ruz & Reyes-Macedo 2006, Sierra-Franco 2006, Reyes-Macedo 2007, Rivera-Ortíz *et al.* 2008). Sin embargo, en cavidades de árboles, la anidación gregaria parece ser una conducta que pocas veces se observa; el único trabajo en México que documenta el uso de varios árboles con distintas cavidades activas simultáneamente y corta distancia de otros nidos, es el de Bonilla Ruz et al. (2014) (Cuadro 2). Al parecer, la especie de árbol reportada por Bonilla y et al. (2014), presenta las características que permiten la formación de múltiples cavidades por el desprendimiento de ramas causado por hongos y/o viento.

Cuadro 2 - Parámetros reproductivos reportados en los estudios de la Guacamaya Verde.

Lugar	Localización de los Nidos	Anidación Gregaria	Ciclo Reproductivo	Nidadas Observadas	Temporadas Estudiadas	Productividad	Éxito Aparente	Referencias
Argentina	Acantilado	SI	Diciembre-Abril	5	1	-	-	q
Ecuador	Acantilado	SI	Septiembre-Marzo	0	1	-	-	p
*Chihuahua	Acantilado	SI	-	25	1	-	-	g
*Durango	Árbol	NO	Julio	1	1	-	-	a
*Durango	Árboles y Acantilados	NO	Junio-Noviembre	5	1	0,66	33%	h
*Jalisco	Árbol		Octubre-Marzo	18	2	1	33,3%	b
*Jalisco	Árbol	NO	Septiembre-Marzo	6	1	0,67	66,6%	e
*Jalisco	Árbol	SI	Octubre-Marzo	7	1	1,28	100%	n, o
*Oaxaca	Acantilado	SI	Noviembre-Junio	8	1	-	-	d
*Oaxaca	Acantilado	SI	Marzo-Octubre	11	1	0,9	81%	f
*Oaxaca	Acantilado	SI	Febrero-Octubre	11	1	0,97	61,54%	i
*Oaxaca	Acantilado	SI	Abril-Septiembre	-	2	-	-	j

*Oaxaca	Acantilado	SI	Marzo-Octubre	5	1	0,4	40%	k
*Oaxaca	Acantilado	SI	Febrero-Agosto	37	5	0,24	24,32%	m
*Querétaro	Acantilado	SI	Junio-Noviembre	9	1	-	-	c, y
*Sinaloa	Acantilado	SI	Junio-Julio	1	1	-	-	l

Referencias: a) Drew & Greer 1957, b) Carreón 1997, c) Gaucín-Ríos 1999, d) Bonilla-Ruz *et al.* 2004, e) Gómez-Garduño 2004, f) Bonilla-Ruz & Reyes-Macedo 2006, g) Cruz-Nieto *et al.* 2006, h) Sierra-Franco 2006, i) Reyes-Macedo 2007, j) Rivera-Ortíz *et al.* 2007, k) Rivera-Ortíz *et al.* 2008, l) Valiente-Sandoval 2008, m) Arizmendi *et al.* 2013, n) Avilés-Ramos 2014, o) Bonilla Ruz *et al.* 2014, p) Arcos-Torres & Solano-Ugalde 2008, q) Juárez *et al.* 2011, r) Lowry & Pérez-Elissetche 2016.

* **Estudios realizados en México**

Son 15 las especies de árboles utilizados para la anidación por la Guacamaya Verde (Cuadro 3), hay registros en pinos (*Pinus montezumae*, *P. jaliscana*), además de especies de árboles tropicales como: *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera simaruba*, *Tabebuia rosea*, *Brosimum alicastrum*, *Hura poliandra* y recientemente, en *Astronium graveolens*, *Ficus goldmanii* y *Piranhea mexicana* (Drew & Greer 1957, Forshaw 1989, Gómez-Garduño 2004, Carreón 1997, Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Localmente la especie es selectiva en los árboles en los cuales va a anidar, a pesar de las 15 especies reportadas, en cada localidad, solo una o dos especies concentran los nidos con más frecuencia. Por ejemplo, en la localidad de Cajón de Peñas, Jalisco, *Enterolobium cyclocarpum* concentró la mayor cantidad de nidos observados ($n = 7$, 54% ; Carreón 1997), en Jocotlán, Jalisco, tres de cuatro nidos estuvieron en *E. cyclocarpum* (Gómez-Garduño 2004), mientras que en la región de Puerto Vallarta *Piranhea mexicana* fue la principal especie en la que anida la Guacamaya Verde ($n = 7$; 47%; Avilés-Ramos 2014; Bonilla Ruz *et al.* 2014; Cuadro 3).

Estos árboles (*E. cyclocarpum* y *P. mexicana*) parecen destacar como especies clave para la Guacamaya Verde en las localidades estudiadas, ya que presentan un gran número de cavidades utilizadas como nidos y parecen brindar condiciones óptimas, ya que se ha observado un elevado éxito reproductivo (Cuadro 2; Carreón 1997; Gómez-Garduño 2004; Bonilla Ruz *et al.* 2014).

Cuadro 3 - Características de los árboles-nido utilizados por la Guacamaya Verde

País	Estado	Lugar	Especie Árbol	Árboles Observados	DAP (cm) ± DE	Altura Total (m) ± DE	Altura Cavidad (m) ± DE	Profundidad Cav. (cm) ± DE	Ancho Entrada Cav. (cm) ± DE	Alto Entrada Cav. (cm) ± DE	
México	Jalisco	Cajón de Peñas (a)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	7	177,86 ± 63,53	25,5 ± 5,11	17,79 ± 3,50	118,57 ± 98,2	24,57 ± 16,79	31,21 ± 19,37	
			<i>Bursera simaruba</i>	2	73 ± 7,07	24,85 ± 4,45	16	19 ± 26,87	16 ± 5,66	50 ± 28,28	
			<i>Tabebuia chrysanta</i>	3	78,33 ± 12,90	23,67 ± 2,52	15,2 ± 2,43	88,33 ± 46,46	15,67 ± 3,79	20,33 ± 11,85	
			<i>Hura polyandra</i>	1	112,00	16,00	11,00	30,00	15,00	15,00	
			<i>Croton draco</i>	1	80,00	22,00	8,50	160,00	18,00	25,00	
				<i>Tabebuia rosea</i>	1	73,00	21,00	13,00	384,00	8,50	28,00
			Jocotlán (b)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3	130 ± 12,77	25,67 ± 2,08	16,5 ± 0,50	41,67 ± 11,93	17 ± 4,58	21,5 ± 3,50
		<i>Hura polyandra</i>		1	92,00	30,00	22,50	63,00	16,00	22,00	
			Puerto Vallarta (c, d)	<i>Pinus jaliscana</i>	4	76,5 ± 9,88	28 ± 3,16	17,75 ± 5,56	-	-	-
				<i>Piranhea mexicana</i>	7	115,43 ± 9,05	27 ± 6,30	15,93 ± 4,48	-	-	-
	<i>Astronium graveolens</i>	1		68,50	31,00	21,00	-	-	-		

		<i>Ficus goldmanii</i>	1	108,00	21,00	12,00	-	-	-
	El Refugio (g)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1	239.5	-	5	20	20	30
Durango	Vicente Guerrero (f)	<i>Pinus montezumae</i>	1	79	24,5	18	75	28	16,5
	Salto de Agua Llvida (e)	<i>Cupressus lusitanica</i>	1	-	-	-	-	-	-
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	-	-	-	-	-	-

Referencias. a) Carreón 1997, b) Gómez-Garduño 2004, c) Bonilla Ruz *et al.* 2014, d) Avilés-Ramos 2014, e) Sierra-Franco 2006, f) Drew & Greer 1957 g) Cinta-Magallon & Bonilla-Ruz 2009).

Se ha discutido ampliamente sobre las características de los árboles y cavidades que utiliza la especie para anidar, en general, los árboles utilizados por la Guacamaya Verde presentan características similares muy particulares. Son árboles de tallas grandes con una altura promedio de $25.5 \text{ m} \pm 4.7 \text{ m DE}$, presentando diámetros a la altura del pecho de $113.4 \text{ cm} \pm 48.2 \text{ DE}$, se menciona que no cualquier cavidad parece ser adecuada para la anidación de la especie y que estas tienen un “trade-off” entre la altura y profundidad que les podría ayudar contra la depredación natural (de la Parra-Martínez *et al.* 2015) (Cuadro 3).

La caracterización de los sitios de anidación en las localidades donde la Guacamaya Verde anida en cavidades de acantilados ha sido menos detallada. Se ha visto limitada a la altura a la que se encuentran los nidos (25 hasta 150 m de alto), sin documentar tamaños de entradas y profundidades (Cruz-Nieto *et al.* 2006, Reyes-Macedo 2007, Rivera-Ortíz *et al.* 2008), lo que hace imposible determinar las características de las cavidades adecuadas cuando anidan en acantilado.

La temporada de anidación de la especie varía en su distribución de México y parece estar relacionada con el régimen de lluvias y temperatura del lugar, que afectan la disponibilidad de alimento en la región (Inigo-Elias 1999; Cuadro 2). También se reportan algunas diferencias a nivel local entre años (asincronía) en las fechas de inicio del ciclo reproductivo. Por ejemplo, para la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán en Oaxaca, diferentes autores reportan eventos reproductivos de noviembre a octubre o de febrero a octubre (Bonilla-Ruz *et al.* 2004, Bonilla-Ruz & Reyes-Macedo 2006, Reyes-Macedo 2007, Rivera-Ortíz *et al.* 2007, Rivera-Ortíz *et al.* 2008, Arizmendi *et al.* 2013, Reyes-Macedo & Bonilla-Ruz 2007).

Se argumenta que la asincronía observada en la Cañada Oaxaqueña se debe a la variación interanual de la disponibilidad de alimento, la cual repercute en la productividad de las parejas anidantes. Se tiene la hipótesis de que si las parejas producen un volantón exitosamente en los primeros meses de la temporada y si la disponibilidad de alimento lo permite al final del ciclo reproductivo, pueden anidar nuevamente para producir un segundo volantón (Reyes-Macedo 2007).

México destaca en el estudio de la reproducción de la Guacamaya Verde (Juárez *et al.* 2012), se ha logrado definir la variación observada en la temporada de reproducción de las diferentes poblaciones a lo largo de su distribución y conocer los patrones generales de la reproducción de la especie documentando parámetros como el éxito reproductivo y la productividad de las parejas anidantes, aunado a esto también se han caracterizado los sitios donde anida, tanto en cavidades de árboles emergentes como acantilados (Carreón 1997, Gaucín-Ríos 1999, Bonilla-Ruz, Reyes-Macedo & García 2007, Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Aunque todavía falta por determinar qué factores afectan el éxito reproductivo después de la selección de la cavidad-nido, se ha señalado como importante a la disponibilidad de cavidades adecuadas (de la Parra-Martínez *et al.* 2015); sin embargo, esta variable podría limitar localmente el número de parejas anidando y por lo tanto, la reproducción gregaria de una población, sin causar directamente la pérdida de la nidada. La mayor desventaja de la baja disponibilidad de cavidades aptas para la guacamaya parece ser reducir la posibilidad de anidación gregaria, la cual parece tener un efecto positivo en el éxito reproductivo de la especie (Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Finalmente, a pesar del amplio conocimiento generado y de conocer de forma general los patrones de reproducción, todavía no existe un consenso acerca de cuáles son los factores que reducen la productividad de la especie. Al parecer, ante la gran diferencia en condiciones existentes a lo largo del área de distribución y de la ubicación de los sitios de anidación, cada población local parece estar limitada al enfrentar un conjunto de factores que pudiesen restringir su reproducción. (Bonilla-Ruz *et al.* 2014, de la Parra-Martínez *et al.* 2015).

CONCLUSIONES

La revisión sobre la historia de vida de la Guacamaya Verde, muestra un incremento en investigaciones centradas en temas importantes sobre la biología de la especie durante las últimas dos décadas, en las que se han incrementado los estudios sobre la reproducción en México. De forma similar, México es el país donde las investigaciones han abordado temas más diversos que abarcan desde la descripción fisionómica de la especie, hasta genética entre poblaciones en el país.

Estos estudios han permitido conocer las áreas donde se distribuyen las poblaciones de guacamaya. Existe la hipótesis de que las poblaciones de Guacamaya Verde del Golfo de México y del Pacífico Mexicano podrían ser subespecies diferentes. También se pone en tela de juicio el reconocimiento de las subespecies sudamericanas, por lo que algunos autores sugieren efectuar una revisión detallada sobre la relación taxonómica de la especie a lo largo de su extensa y discontinua distribución en México y a nivel continental.

Por otro lado, a pesar de conocerse los patrones de distribución general de la especie, todavía falta determinar con precisión la distribución actual y potencial de las poblaciones

en Sudamérica, al existir escasos reportes de abundancia, alimentación y reproducción para estas poblaciones. A pesar de que en México se ha desarrollado la mayor cantidad de investigaciones para la especie, todavía es necesario delimitar con precisión la distribución en el Pacífico, sur y alto Balsas (Michoacán, Guerrero, Puebla y Morelos), y examinar la posible conectividad entre estas poblaciones.

En cuestiones de alimentación, la especie aprovecha una gran diversidad de especies de árboles y plantas, aunque, localmente sólo dos o tres especies concentran el mayor consumo. Por otro lado, hace falta entender y conocer los patrones fenológicos de las especies de las cuales se alimenta y cómo se relacionan con los movimientos diarios y estacionales de la guacamaya. También es necesario profundizar en el conocimiento de cómo la disponibilidad y riqueza de especies dieta afectan localmente el éxito reproductivo de la especie, sus niveles de reclutamiento y abundancia local.

Aunque existe el consenso de que la especie utiliza árboles maduros y de grandes dimensiones para anidar, y de que la disponibilidad local de estos limita esta forma de anidación, todavía no se conoce la densidad apta mínima de cavidades para que exista anidación gregaria. La carencia o pérdida de árboles aptos para la anidación podría explicar por qué en áreas como en el Sótano del Barro o en la Cañada Oaxaqueña la especie anida en acantilados o riscos, ya que en algunas áreas parecen existir algunos árboles emergentes. Sin embargo, es posible que el sustrato de anidación (árboles o riscos) sea seleccionado en función de que las parejas puedan anidar en proximidad formando colonias de reproducción ante la extrema sociabilidad observada en la especie. Aunque existe una localidad donde la población de guacamaya anida tanto en árboles como en riscos, no se ha determinado la

razón de su posible elección por riscos, si es la disponibilidad de cavidades, el mayor riesgo de depredación o lo es la anidación gregaria.

Actualmente existen pocas áreas con alta densidad de cavidades aptas en árboles y a la vez riesgos con cavidades donde se pueda comparar los criterios de selección de la especie.

Cuando anidan en árboles, la especie parece tener criterios estrictos de selección; localmente utiliza especies clave, donde la mayoría de nidos se localizan en pocas especies de árboles. Por ejemplo, en la región de Puerto Vallarta la guacamaya utiliza principalmente *Piranhea mexicana*, mientras que en la presa de Cajón de Peñas y Jocotlán, Jalisco utiliza árboles grandes de *Enterolobium cyclocarpum* (Carreón 1997, Gómez-Garduño 2004, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Las grandes dimensiones de los árboles-nido utilizados por la especie permiten la formación de las cavidades adecuadas para la reproducción, las cuales muchas veces son cavidades amplias. Únicamente en México se ha reportado a la especie anidando en cavidades de árboles y es en estos donde se han observado los mayores niveles de éxito y productividad (Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Poco se conoce acerca de los factores causantes de pérdida de las nidadas de la especie, aunque se menciona de manera general a la depredación natural (Cinta-Magallon & Bonilla-Ruz 2009) y la depredación por el hombre (Forshaw 1989). Existe la evidencia de que tormentas, viento y lluvia podrían causar la pérdida de nidadas. Las pocas áreas donde la especie todavía anida en árboles, están ubicadas en zonas de riesgo por huracanes tropicales. Ante la vulnerabilidad que pueda presentar la especie a los fenómenos climáticos, es necesario incrementar el conocimiento sobre las características de las

cavidades que proporcionen la mayor seguridad ante eventos climáticos fuertes como huracanes o tormentas invernales. Ante el tamaño actual de las poblaciones de guacamayas remanentes, se debe evaluar el nivel de riesgo que enfrenta cada una y determinar cuáles son los factores que causan la pérdida de las nidadas ya sea en cavidades de árboles o acantilados para cada una de las localidades donde anida la especie.

LITERATURA CITADA

- Almazán-Núñez, R. C., & O. Nova-muñoz. 2006. La Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México. *Huitzil* 7: 20–22.
- Alvarez del Toro, M. 1951. New Records of Birds from Chiapas, Mexico. *Condor*: 113–114.
- Arcos-Torres, A., & A. Solano-Ugalde. 2008. Primer Registro de una Colonia Reproductiva del Guacamayo Militar (Psittacidae: *Ara militaris*) en Ecuador. *Ornitol. Colomb.* 1: 69–73.
- Arizmendi, M. D. C. 2008. Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México: un estudio de abundancia y reproducción en la zona de la Cañada . México, D. F. Pp 50.
- Arizmendi, M. D. C., C. A. Soberanes-González, & E. E. Iñigo-Elias. 2013. Conservación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México (Segunda Fase). Tlalnepantla, México. Pp 36.
- Avilés-Ramos, L. M. 2014. Hábitat y actividad de una población de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Bahía de Banderas, Jalisco. Tesis Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Pp 65.
- Benítez-Díaz, H., & M. Bellot-Rojas. 2016. Biodiversidad: Uso, Amenazas y Conservación. In: *Inst. Nac. Ecol.*
http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/benitez_bellot.html. Accessed 2 Apr 2016.
- BirdLife International. 2013. *Ara militaris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T22685548A48043680. Available at <http://www.iucnredlist.org/details/22685548/0> [Accessed 20 February 2016].

- Bonilla-Ruz, C., & C. Cinta-Magallón. 2008. Manejo y Conservación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la región de Bahía de Banderas, Jalisco. Unidos por las Guacamayas A. C. Puerto Vallarta, Jalisco. Pp. 4.
- Bonilla-Ruz, C., M. de los R. Aguilar-Santelises, R. García, & R. Martínez-Domínguez. 2008. Monitoreo de la población de la Guacamaya Verde en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Informe final del proyecto DT005. IPN, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Oaxaca, Oaxaca. Pp 40.
- Bonilla-Ruz, C., M. de los R. Aguilar-Santelises, R. García, G. Reyes-Macedo, V. Salinas-Chino, & V. Aguilar-Bautista. 2004. Investigación y conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en San José del Chilar y la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Oaxaca, Oaxaca. Pp 68.
- Bonilla-Ruz, C., C. Cinta-Magallon, & A. Santos-Moreno. 2011. Determinación del dimorfismo sexual secundario en la guacamaya verde (*Ara militaris*): complementariedad morfológica e índice ocular. *Acta Zool. Mex.* 27: 245–255.
- Bonilla-Ruz, C., R. Martínez-Domínguez, L. Cruz-Santiago, & C. Cinta-Magallon. 2007a. Asesoría y Operación de Monitoreo en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán con énfasis en la Guacamaya verde (*Ara militaris*). Informe final CONANP/DES/030/2007. Oaxaca, Oaxaca. Pp 143.
- Bonilla-Ruz, C., T. C. Monterrubio-Rico, L. M. Avilés-Ramos, & C. Cinta-magallon. 2014. Anidación gregaria y éxito reproductivo en la guacamaya verde (*Ara militaris*) en un bosque tropical costero del occidente de México. *Ornitol. Neotrop.* 25: 303–316.
- Bonilla-Ruz, C., & G. Reyes-Macedo. 2006. Temporada de Reproducción de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Cañada Oaxaqueña. *Mesoamericana* 10: 50–53.
- Bonilla-Ruz, C., G. Reyes-Macedo, & R. García. 2007b. Observations of the Military Macaw (*Ara militaris*) in Northern Oaxaca, México. *Wilson J. Ornithol.* 119: 729–732.
- Bonilla-Ruz, C., G. Reyes-Macedo, & L. Santiago-Cruz. 2007c. Ámbito Hogareño de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Cañada Oaxaqueña. *Mesoamericana* 11: 53 – 59.
- Carabias-Lillo, J., E. Provencio, J. Elvira, & S. Graf. 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Mexico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. Pp 204.
- Carreón, G. 1997. Estimación Poblacional, Biología Reproductiva y Ecología de la Nidificación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en una Selva Estacional del Oeste

- de Jaisco, México. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp 115.
- Cinta-Magallon, C., & C. Bonilla-Ruz. 2009. Reporte de un nido de *Micrastur semitorquatus* en un nido previamente ocupado por *Ara militaris* en el Refugio, Jalisco, México. *Mesoamericana* 13: 57–60.
- CITES. 2015. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres. Apéndices I, II y III. : 47. Available at <https://cites.org/esp/app/appendices.php> [Accessed 2 July 2015].
- Collar, N. J., & T. Juniper. 1992. Dimensions and causes of the parrot conservation crisis. Pp. 1–24 in Beissinger, R. S. & F. R. Snyder (eds). *New world parrots in crisis: solutions from conservation biology*. Washington, D. C. Pp 304.
- CONANP. 2007. Ficha de identificación de la especie. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D. F. Pp 3.
- Contreras-González, A. M., F. A. Rivera-Ortíz, & M. D. C. Arizmendi. 2007. Dieta y Disponibilidad de Alimento de *Ara militaris* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Méxic. *Mesoamericana* 11: 50–52.
- Contreras-González, A. M., F. A. Rivera-Ortíz, C. A. Soberanes-González, A. Valiente-Banuet, & M. D. C. Arizmendi. 2009. Feeding Ecology of Military Macaws (*Ara militaris*) in a Semi-Arid Region of Central México. *Wilson J. Ornithol.* 121: 384–391.
- Cruz-Nieto, J., G. Ortiz-Maciel, M. Cruz-Nieto, M. Bujanda-Rico, & E. Enkerlin-Hoeflich. 2006. Military Macaw nesting cliff in Otachique, Chihuahua, Mexico. *PsittaScene* 18: 14.
- Cruz-Nieto, J., F. Torres, A. Cervantes, M. Cruz-Nieto, S. Vásquez-Vásquez, & F. Torres. 2015. Plan de Conservación de la Guacamaya verde (*Ara militaris*), Región prioritaria para la conservación, Sierra Tarahumara. México, D. F. Pp 38.
- Cruz-Santiago, L. 2007. Ámbito Hogareño de la Guacamaya Verde (*Ara militaris* L.) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, Oaxaca. Pp 80.
- Drew, L. C., & J. K. Greer. 1957. Nest of Military Macaw in Durango. *Auk* 75: 98.
- de la Parra-Martínez SM, Renton K, Salinas-Melgoza A, Muñoz-Lacy LG (2015) Tree-cavity availability and selection by a large-bodied secondary cavity-nester: the Military Macaw. *J Ornithol* 156:489–498. doi: 10.1007/s10336-014-1150-9

- De Labra-Hernández MÁ (2007) Distribución potencial de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en el Municipio de la Huacana, Michoacán. Tesis Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Pp 39.
- Eberhard, J. R., E. E. Iñigo-Elias, E. Enkerlin-Hoeflich, & E. P. Cun. 2015. Phylogeography of the Military Macaw (*Ara militaris*) and the Great Green Macaw (*A. Ambiguus*) Based on MTDNA Sequence Data. *Wilson J. Ornithol.* 127: 661–669. Available at <http://dx.doi.org/10.1676/14-185.1> <http://www.bioone.org/doi/full/10.1676/14-185.1>.
- Fjeldså, J., N. Krabbe, & R. S. Ridgely. 1987. Great Green Macaw *Ara ambigua* collected in northwest Ecuador, with taxonomic comments on *Ara militaris*. *Bull. Br. Ornithol. Club* 107: 28 – 31.
- Florez, P., & A. Sierra. 2004. Iniciativa para la Conservación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) y su Hábitat en el Occidente de Antioquia-Colombia. Bogotá, Colombia. Pp 4.
- Forshaw, J. M. 1989. *Parrots of the World*. CSIRO publishing, Princeton, New Jersey. pp 328.
- Gardner, A. L. 1971. The Occurrence of *Streptoprocne zonaris albicincta* and *Ara militaris* in Chiapas, Mexico. 480–481.
- Gaucín-Ríos, N. 1999. Biología de la conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en el Sótano del Barro, Querétaro. Informe Final de Proyecto L204. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Querétaro, Qro. Pp 38.
- Gómez-Garduño, J. O. 2004. Ecología Reproductiva y Abundancia Relativa de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Jocotlán, Jalisco, México. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Méxio, D. F. Pp 59.
- Hernández-Castan, J., J. A. Villordo-Galván, B. I. Cano-García, E. Gaspariano-Martínez, & P. Rodríguez-Cantalapiedra. 2012. Registro de guacamaya verde (*Ara militaris*) en la UMA Santa Cruz Achichipilco, municipio de Teotlalco, Puebla. *Huitzil* 13: 130–136.
- Howell, S. N., & S. W. Webb. 1995. *A guide to the birds of México and Northern Central America*. Oxford University Press, New York. Pp 851.
- Iñigo-Elias, E. E. 2000. Conservation Status of the Military Macaw (*Ara militaris*) and Scarlet Macaw (*Ara macaw*) in Mexico. *Audubon Lat. Am.* 3: 1–3. Available at <http://www.audubon.org/local/latin/bulletin6/featured.html> [Accessed 11 January 2016].
- Iñigo-Elias, E. E. 1999. Las guacamayas verde y escarlata en México. *Biodiversitas* 25: 7–

11.

- Iñigo-Elias, E. E., & M. A. Ramos. 1991. The Psittacine Trade in Mexico. Pp. 380–392 in Neotropical wildlife use and conservation. The University of Chicago Press. Pp 538.
- Jiménez-Arcos, V. H., S. A. Santa Cruz-Padilla, A. Escalona-López, M. D. C. Arizmendi, & L. Vázquez. 2012. Ampliación de la distribución y presencia de una colonia reproductiva de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en el alto Balsas de Guerrero, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 83: 864–867.
- Juárez, M. C., G. Marateo, P. G. Grilli, L. Pagano, M. Rumi, & M. Silva Croome. 2012. Estado del conocimiento y nuevos aportes sobre la historia natural del Guacamayo Verde (*Ara militaris*). *Hornero* 27: 5–16.
- Juárez, M. C., G. Marateo, P. G. Grilli, L. Pagano, M. Rumi, & M. Silva croome. 2011. Observaciones sobre la nidificación del guacamayo verde (*Ara militaris*: Psittaciformes: Psittacidae) en Argentina. *Acta zoológica Lilloana* 55: 272–277.
- Lowry, J., & K. Pérez-Elissetche. 2016. Informe de la Laberiación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) "Petra Herrera". *United Corridors*. Querétaro, Querétaro. Pp 24.
- Loza-Salas, C. A. 1997. Patrones de Abundancia, Uso de Hábitat y Alimentación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*), en la Presa Cajón de Peña, Jalisco, México. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp 63.
- Marín-Togo MC, Monterrubio-Rico TC, Renton K, et al (2012) Reduced current distribution of Psittacidae on the Mexican Pacific coast: Potential impacts of habitat loss and capture for trade. *Biodivers Conserv* 21:451–473. doi: 10.1007/s10531-011-0193-y
- Marín-Togo, M. C., T. C. Monterrubio-Rico, K. Renton, Y. Rubio-Rocha, C. Macías-Caballero, J. M. Ortega-Rodríguez, & R. Cancino-Murillo. 2012. Reduced current distribution of Psittacidae on the Mexican Pacific coast: Potential impacts of habitat loss and capture for trade. *Biodivers. Conserv.* 21: 451–473.
- Marsden, S. J., & K. Royle. 2015. Abundance and abundance change in the world 's parrots. *Ibis (Lond. 1859)*. 157: 219–229.
- Martínez-Domínguez, R. 2008. Hábitos Alimenticios de la Guacamaya verde (*Ara militaris* L.) en la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, Oaxaca. Pp 64.
- Martínez-Domínguez, R., & C. Bonilla-Ruz. 2008. Hábitos Alimenticios de Ara militaris en la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Mesoamericana* 11: 45 – 50.

- Martínez-Gómez, J. E. 2003. Historias de vida. Pp. 150 – 194 in National Fish and Wildlife Foundation, Cipamex, C. (ed). Conservación de aves. Experiencias en México. México, D. F.
- Monterrubio-Rico, T. C. 2012. Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) y su hábitat en áreas prioritarias de conservación en México. Informe Final Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Morelia, Michoacán.
- Monterrubio-Rico, T. C., M. Á. De Labra-Hernández, J. M. Ortega-Rodríguez, R. Cancino-Murillo, & J. F. Villasenor-Gómez. 2011. Distribución actual y potencial de la guacamaya verde en Michoacán, México. Rev. Mex. Biodivers.: 1311 – 1319.
- Monterrubio-Rico, T. C., K. Renton, & G. Carreón. 2005. *Ara militaris* (LINNAEUS, 1766). México, D. F. Pp 5.
- Muñoz-Lacy, L. G. 2014. Uso de Hábitat y Recursos alimenticios por la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Costa de Jalisco y su Potencial para el Ecoturismo. Tesis Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp 100.
- Muñoz-Vega YY (2007) Dieta Potencial de Psitácidos Presentes en el Área Natural Protegida “Los Chorros del Varal”, Los Reyes, Michoacán, México. Tesis Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Pp 69.
- Navarro, M. E., M. O. Gallegos, D. B. Garay, B. F. Ortiz, M. Cueva, & L. E. Rodríguez. 2008. Registro de una Población de Guacamayo Verde *Ara militaris* (Linnaeus, 1766) en el Departamento General de San Martín, Provincia de Salta, Argentina y Consideraciones para su Conservación. Nótulas Faunísticas 2: 1 – 11.
- Ornelas-Carrillo, R., C. Cinta-Magallon, & C. Bonilla-Ruz. 2013. Uso de Hábitat Interanual de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Manglar de una Zona de Conservación Ecológica Estero el Salado, en el Occidente de México. Mesoamericana 17: 45 – 55.
- Peterson, R. T., & E. L. Chalif. 1994. Aves de México, guía de campo. Diana, México, D. F. Pp 497.
- Pizaña, J. C. 2009. Programa de protección de la guacamaya verde (*Ara militaris*). Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto No. DT004. México D. F. Pp 69.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, & F. Massardo. 2001. Fundamentos de Conservación Biológica, Perspectivas Latinoamericanas Primera Ed. Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, & F. Mossardo (eds). Fondo de Cultura Económica, México, D. F. Pp 565.
- Renton, K. 2004. In search of Military Macaw in Mexico. PsittaScene 16: 15.

- Reyes-Macedo, G. 2007. Biología Reproductiva de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la cañada Oaxaqueña, Dentro de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, Oaxaca. pp 65. Available at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15998525>.
- Reyes-Macedo, G., & C. Bonilla-Ruz. 2007. Método Indirecto para Inferir las Diferentes Etapas de la Anidación de *Ara militaris* en la Cañada Oaxaqueña, México. *Mesoamericana* 11: 94.
- Rivera, L. O., R. Rojas, R. Strem, & M. Melgar. 2012. Primer Reporte Técnico Sobre el Estado de las Poblaciones de Paraba Militar Boliviana (*Ara militaris* boliviana) en el Bosque Boliviano Tucumano de los Departamentos de Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija. Bolivia. Pp 3.
- Rivera-Ortíz, F. A. 2007. Distribución y Abundancia de *Ara militaris* en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. Pp 62.
- Rivera-Ortíz, F. A. 2014. Genética de la Conservación, Pérdida y Caracterización del Hábitat de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en México. Tesis Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones sobre Ecosistemas. Morelia, Michoacán. Pp 142.
- Rivera-Ortíz, F. A., A. M. Contreras-González, & M. D. C. Arizmendi. 2007. Distribución, Abundancia Estacional y Cronología de *Ara militaris* en la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), México. *Mesoamericana* 11: 33 – 36.
- Rivera-Ortíz, F. A., A. M. Contreras-González, C. A. Soberanes-González, A. Valiente-Banuet, & M. D. C. Arizmendi. 2008. Seasonal abundance and breeding chronology of the military Macaw (*Ara militaris*) in a semi-arid region of Central Mexico. *Ornitol. Neotrop.* 19: 255–263.
- Rivera-Ortíz, F. A., K. Oyama, C. A. Ríos-Muñoz, S. Solórzano, A. G. Navarro-Sigüenza, & M. D. C. Arizmendi. 2013. Habitat characterization and modeling of the potential distribution of the Military Macaw (*Ara militaris*) in Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.* 84: 1200–1215.
- Rubio-Rocha, Y. 2001. Caracterización del hábitat de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en Cosalá Sinaloa, México. Informe Final Proyecto No. C-197/4. México, D. F.
- Rubio-Rocha, Y. 2014. Conservación de la Guacamaya Verde en México y Fortalecimiento de grupos de Investigación. Informe final de proyecto CONANP, PROCER/DGOR/04/2014. Culiacán de Rosales, Sinaloa.

- Rubio-Rocha, Y., A. Beltrán, F. Avilez, B. Salomón, & M. Ibarra. 2007. Conservación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) y Otros Psitácidos en una Reserva Ecológica Universitaria, Cósala, Sinaloa, México. *Mesoamericana* 11: 60 – 66.
- Salazar-Torres, J. M. 2001. Registro de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en los cañones del Río Sabino y Río Seco, Santa María Tecomavaca, Oaxaca, México. *Huit. Rev. Mex. Ornitol.* 2: 18–20.
- Salazar-Torres, J. M., C. Bonilla-Ruz, & F. Ximello-Olguín. 2010. Primer registro de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en el Municipio de Tehuacán, Puebla, México. *Mesoamericana* 14: 59 – 66.
- Sarabia-Pérez, G., J. C. Pizaña, F. J. Jiménez-González, C. García-Chavelas, J. M. Salazar-Torres, É. Martínez-Agama, S. Anta, M. E. Sánchez, J. C. Cantú, R. A. Wolf-Webels, J. Nocedal, M. D. C. Arizmendi, V. Rodríguez, E. García-Campos, A. Gómez-Nisino, C. Spíndola-Pérez, M. Christian, G. Reyes-Macedo, M. Tovar, I. Aquino-Pérez, B. Beristaín, D. Woolrich, G. Fuentes, H. Aguilar, E. Santana, & Y. Rubio-Rocha. 2012. Programa de Acción para la Conservación de la Especie. Guacamaya Verde (*Ara militaris*). México, D. F. Pp 57.
- Sierra-Franco, D. 2006. Estudio Ecológico de la Guacamaya Verde (*Ara militaris* LINNAEUS) en el Salto del Agua Llovida, Municipio de Durango, Durango. Tesis Licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango. pp 58.
- Stearns, S. C. 1992. The evolution of life histories Oxford Uni. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. Pp 249.
- U.S. Fish & Wildlife Service. 2015. Military Macaw (*Ara militaris*). Available at http://ecos.fws.gov/tess_public/profile/speciesProfile?spcode=B0GM [Accessed 20 January 2016].
- Valiente-Sandoval, I. 2008. Reporte de la Conducta de Nidificación y Abundancia de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Temporada Reproductiva 2008, en la Reserva Ecológica Universitaria en Cósala, Sinaloa, México. Culiacán de Rosales, Sinaloa. pp 17.
- Villaseñor, E., & F. Botello. 2012. Registros notables de la Guacamaya verde (*Ara militaris*) en el norte del estado de Guerrero, México. *Acta Zool. Mex. (Nueva Ser.* 28: 465–470.

APÉNDICES

Apéndice 1 - Listado de especies vegetales que componen la dieta de la Guacamaya Verde.

País	Estado	Familia	Especie	Parte Consumida	Más Frecuente	Referencia
México	Oaxaca	Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringes</i>	Hojas		a, j, k, o, s
			<i>Cyrtocarpa procera</i>	Hojas y Frutos	*	a, b, c, d, j, k, o, s
			<i>Pistacia mexicana</i>	Fruto		a, j, k
		Apocyanaceae	<i>Plumeria rubra</i>	Látex	*	b, c, d, o, s
			<i>Thevetia peruviana</i>	Fruto		a, j, k
		Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Fruto	*	a, j, k, s
			<i>C. pentandra</i>	Semilla		b, c, d
		Bromeliaceae	<i>Catopsis berteroniana</i>	Tomando Agua		a, j, k
			<i>Thillandsia grandis</i>	Agua		b, c, d, s
			<i>T. makoyana</i>	Agua		b, c, d, s
		Burseraceae	<i>Bursera aptera</i>	Fruto	*	a, b, c, d, j, k, s
			<i>B. cinerea</i>	Fruto	*	a, i, j, k, o
			<i>B. fagaroides</i>	Fruto		a, j, k
			<i>B. morelensis</i>	Fruto		a, j, k, s
			<i>B. schlechtensalii</i>	Semilla	*	a, b, c, d, j, k, s
		Cactaceae	<i>Escontroa chiotilla</i>	Fruto		a, j, k
			<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	Fruto	*	a, b, c, d, j, k, o, s
		Ebanaceae	<i>Diospyros spp</i>	Fruto		a, j, k
		Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Fruto		a, j, k
		Euphorbiaceae	<i>Jatropha oaxacana</i>	Fruto		a, j, k
			<i>Manihot pauciflora</i>	Fruto		a, j, k
		Fagaceae	<i>Quercus spp</i>	Fruto		a, j, k

	Leguminosae	<i>Lysiloma divaricata</i>	Semilla		b, c, d, o, s
	Malpighiaceae	<i>Bunchosia montana</i>	Fruto		a, b, c, d, j, k, s
	Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Fruto		b, c, d
	Orobanchaceae	<i>Conopholis alpina</i>	Fruto		a, j, k
	Ulmaceae	<i>Celtis caudata</i>	Fruto		a, b, c, d, i, j, k, s
Chihuahua	Burseraceae	<i>B. grandifolia</i>	Fruto		e
	Cactaceae	<i>Stenocereus spp</i>	Fruto		e
	Ebanaceae	<i>Diospyros sonora</i>	Fruto		e
	Fagaceae	<i>Quercus albocincta</i>	Fruto		e
	Juglandaceae	<i>Juglans microcarpa</i>	Fruto		e
	Leguminosae	<i>Lysiloma divaricata</i>	Fruto		e
		<i>L. microphyllum</i>	Fruto		e
	Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	Fruto		e
	Mimosaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Fruto		e
	Moraceae	<i>Ficus spp</i>	Fruto		e
	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Fruto		e
	Papaveraceae	<i>Fumaria officinalis</i>	Fruto		e
	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Fruto		e
		<i>Crataegus mexicana</i>	Fruto		e
		<i>Pranus serotina</i>	Fruto		e
	Zygophyllaceae	<i>Guaiacum coulteri</i>	Fruto		e
Durango	Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i>	Semilla	*	f
		<i>P. duranguensis</i>	Semilla	*	f
		<i>P. engelmannii</i>	Semilla	*	f
Querétaro	Fagaceae	<i>Quercus affinis</i>	Fruto		g
		<i>Q. castanea</i>	Fruto		g
		<i>Q. crassifolia</i>	Fruto		g
	Juglandaceae	<i>Carya illinoensis</i>	Fruto		g

		<i>Juglans mollis</i>	Fruto		g
	Leguminosae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fruto		g
		<i>Lysiloma microphyllum</i>	Fruto		g
	Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Fruto		g
	Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	Hojas y Frutos	*	g
Guerrero	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	-		h
	Fagaceae	<i>Quercus spp</i>	-		h
	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	-		h
	Ulmaceae	<i>Celtis caudata</i>	-		h
Jalisco	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Fruto		y
	Araceae	<i>Anthurium halmoorei</i>	Hoja		l
	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Semilla		y
	Burseraceae	<i>Bursera spp</i>	Semilla		l
	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	Hojas		m
	Chrysobalanaceae	<i>Couepia polyandra</i>	Fruto		v
	Euphorbiaceae	<i>Hura polyandra</i>	Semilla	*	l, n, v,
	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Semilla	*	l, n,
	Myrtaceae	<i>Eugenia capulli</i>	Fruto		l
	Palmae	<i>Orbignya guacuyule</i>	Semilla		l, n
	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	Hojas		m
	Orchidaceae	<i>Encyclia lancifolia</i>	Bulbo		v,
		<i>Epidendrum ciliare</i>	Bulbo		v
Sinaloa	Euphorbiaceae	<i>Hura polyandra</i>	Semilla	*	p, q, β
	Leguminosae	<i>Lysiloma divaricata</i>	Semilla		p, q
		<i>L. microphyllum</i>			β
		<i>L. acapulcensis</i>			β
	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Fruto		p, q, β
		<i>Maclura tinctoria</i>			β

		<i>Ficus mexicana</i>		β
		<i>Ficus glaucescens</i>		β
		<i>Ficus spp</i>	Fruto	p, q, r
	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>		β
	Euphorbiaceae	<i>Hura polyandra</i>		β
	Sapotaceae	<i>Sideroxylon persimile</i>		β
Sonora	Moraceae	<i>Ficus petiolaris</i>	Fruto	x
Guanajuato	Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i>	Semilla	y
Michoacán	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Fruto	z, æ
		<i>Ficus spp.</i>	Fruto	z
		<i>F. petiolaris</i>	Fruto	æ
		<i>F. goldmanii</i>	Fruto	æ
		<i>F. tecolutensis</i>	Fruto	æ
		<i>F. glaucescens</i>	Fruto	æ
		<i>Leucaena macrophylla</i>	Semilla	æ
	Caricaceae	<i>Jacaratia mexicana</i>	Fruto	z, æ
	Ulmaceae	<i>Celtis caudata</i>	Fruto	z
		<i>Celtis iguanaea</i>	Fruto	æ
	Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Semilla	z, æ
		<i>Lysiloma microphyllum</i>	Semilla	æ
		<i>Erytirina americana</i>	Fruto	z, æ
	Cannabaceae	<i>Aphananthe monoica</i>	Semilla	æ
		<i>Trema micrantha</i>	Fruto	æ
	Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Fruto	æ
	Anacardiaceae	<i>Comocladia engleriana</i>	Fruto	æ
		<i>Mangifera indica</i>	Fruto	æ
	Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i>		æ
	Bombacaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Fruto	æ

		Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>	Fruto		æ
		Mimosaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	Semilla		æ
		Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Fruto		æ
			<i>Guazuma ulmifolia</i>	Fruto		æ
		Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Fruto		æ
		Cactaceae	<i>Peniocereus tepalcatepecanus</i>	Flor		æ
		Lauraceae	<i>Beilschmiedia riparia</i>	Brote		æ
Colombi	Antioquia	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Fruto	*	t
a			<i>Bursera spp</i>	Fruto	*	t
		Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i>	Fruto	*	t
Bolivia	Chuquisaca	Meliaceae	<i>Cedrela angustifolia</i>	Fruto	*	u

Referencias. a) Bonilla-Ruz *et al.* 2007a, b) Contreras-González *et al.* 2009, c) Contreras-González *et al.* 2007, d) Arizmendi *et al.* 2013, e) Cruz-Nieto *et al.* 2015, f) Sierra-Franco 2006, g) Gaucín-Ríos 1999, h) Jiménez-Arcos *et al.* 2012, i) Marini-Zuñiga 2010, j) Martínez-Domínguez 2008, k) Martínez-Domínguez & Bonilla-Ruz 2008, l) Muñoz-Lacy 2014, m) Ornelas-Carrillo *et al.* 2013, n) Renton 2004, o) Reyes-Macedo 2007, p) Rubio-Rocha *et al.* 2007, q) Rubio-Rocha 2001, r) Valiente-Sandoval 2008, s) Contreras-González 2007, t) Florez & Sierra 2004, u) Rivera *et al.* 2012, v) Carreón 1997, w) Loza-Salas 1997, x) Gallo-Reynoso *et al.* 2012, y) Lowry & Pérez-Elissetche 2016, z) de Labra-Hernández 2007, æ) Muñoz-Vega 2007, β) Rubio-Rocha 2015

CAPITULO DOS
USO DE MODELOS DE EXPOSICIÓN LOGÍSTICA PARA EVALUAR EL ÉXITO
REPRODUCTIVO DE LA GUACAMAYA VERDE (*Ara militaris*) EN BOSQUE
TROPICAL COSTERO DEL OESTE DE MEXICO

Abstract: The use of logistic exposure method to evaluate nesting success of the Military Macaw (*Ara militaris*) in remnant coastal tropical forest of western Mexico.

The nest success is an essential demographic parameter for habitat quality assessment and for the modeling of population recruitment levels in birds. Among the methods employed known to estimate this parameter, the Mayfield method has been particularly used with Passeriformes, whose monitoring is difficult due to the high rates of nest losses due to its large sample sizes with and important levels of uncertainty. Actually, the “Logistic Exposure” method is been used as an efficient alternative, allowing to relate nest success with associated environmental or habitat variables that assist to explain it. The aims for this study were to evaluate Military Macaw nest success by logistic exposure, and identify the most influential variables affecting nest success for the nesting tree population located in a tropical semideciduos forest near to Puerto Vallarta. We examined the relation between nest success and precipitation, nest age, cavity orientation, and gregarious nesting. We analyzed 38 nest-cavities in: *Piranhea mexicana* (n = 31; 81.6%), *Astronium graveolens* (n = 3; 7.9%), *Pinus jaliscana* (n = 2; 5.3%), and *Ficus goldmanii* (n = 2; 5.3%). Apparent nest success rates during a previous nesting season (2012-2013) exhibited a 100% success for a small sample size of 7 nests. In a posterior season (2013-2014), 14 nesting pairs were followed and exhibited a 79% success rates, and in the third nesting season (2014-2015), 17 nest-cavities had 59% of success. Using logistic exposure overall nest success was

estimated at 0.68 during the three nesting seasons. We observed that the influential variables were rainfall and nest age are the most important. The logistic exposure method allowed us to measure the nest success probabilities for the Military Macaw at different management alternatives, and different conservation conditions of the tropical forest.

Key Words: Military Macaw, Logistic Exposure, Nest Success, *Piranhea mexicana*, Nest Survival Model, Rain

Resumen.- El éxito de anidación es un parámetro demográfico clave para determinar niveles de calidad de hábitat local y de reclutamiento potencial en las poblaciones de aves. Para estimar este parámetro, se han desarrollado distintos tipos de métodos, especialmente para especies Passeriformes, cuyo seguimiento es difícil ya que son especies con tamaños de muestra grandes y están sujetas a elevados niveles de pérdida de nidos, existiendo altos niveles de incertidumbre. Actualmente, el método de “Exposición Logística” es comúnmente utilizado y permite relacionar e identificar variables explicativas con el éxito reproductivo. Con la finalidad de identificar qué variables influyen en el éxito de anidación en la Guacamaya Verde en bosque tropical costero de Puerto Vallarta, se examinó mediante exposición logística y el éxito aparente del nido, el éxito de nidadas con relación a la precipitación, edad de la nidada, orientación de cavidad y anidación gregaria. Se dio seguimiento a 38 nidadas localizadas en *Piranhea mexicana* (n = 31, 81.6%); *Astronium graveolens* (n = 3; 7.9%); *Pinus jaliscana* (n = 2, 5.3%); *Ficus goldmanii* (n = 2; 5.3%). Mediante éxito aparente del nido se analizó siete nidadas en la primera temporada de anidación (2012-2013), registrándose el 100% de éxito; en la segunda temporada (2013-2014), 14 nidadas presentaron 79% de éxito, y en la en la tercer temporada (2014-2015), 17 nidos presentaron 59% de éxito. Mediante la exposición logística la probabilidad de éxito se estimó en 0.68 para las tres temporadas. Se observó que la variable lluvia y la edad de la

nidada influyeron en el éxito de anidación de la especie, la presencia de tormentas afectó con un incremento de pérdidas de nidos en la zona. Es importante determinar el parámetro del éxito aparente y verificarlo mediante exposición logística para entender la probabilidad de éxito de los nidos en función de distintas variables.

Palabras Clave - *Ara militaris*, Exposición Logística, Éxito Reproductivo, *Piranhea mexicana*, Modelos de Supervivencia de Nidos, Lluvia.

INTRODUCCIÓN

El éxito de anidación o supervivencia del nido es un parámetro importante en el monitoreo reproductivo de las aves (Mayfield 1961, 1975), y es un componente esencial para comprender su dinámica demográfica (Jehle *et al.* 2004), por lo que la reproducción y su nivel de éxito es uno de los aspectos fundamentales en especies amenazadas como los psitácidos.

Los psitácidos son particularmente diversos en las regiones tropicales del mundo (Forshaw 1989, Collar *et al.* 1994); las especies de mayor talla como las guacamayas son selectivas en sus sitios de anidación, cuando anidan en cavidades de árboles y acantilados, donde son menos vulnerables a la depredación, aunque suelen presentar bajas densidades de nidos, en comparación con aves que se reproducen en nidos expuestos (Forshaw 1989, Martin & Li 1992, Newton 1998).

Entre los psitácidos, la Guacamaya Verde (*Ara militaris*), es una de las especies de mayor talla que anida en el Hemisferio Norte y es una de las dos especies de guacamayas presentes en México (Collar & Juniper 1992, Peterson & Chalif 1994, Howell & Webb 1995). Aunque en el pasado su distribución fue amplia (Ríos-Muñoz & Navarro-Sigüenza 2009), sus poblaciones ahora se encuentran en áreas fragmentadas en pequeños grupos, con pocas parejas reproductivas y poblaciones menores a 100 individuos, especialmente en el interior de algunas áreas protegidas (Monterrubio-Rico 2012, Rubio-Rocha 2014).

Actualmente se estima en 15.6% la pérdida de distribución en el Pacífico mexicano (Marín-Togo *et al.* 2012). La especie ha sido también afectada por la pérdida del hábitat y por el saqueo de nidos para el comercio ilegal en varias regiones (Monterrubio-Rico *et al.* 2011, Collar & Juniper 1992). A pesar de la amplia área de distribución de la especie (Forshaw 1989), en la mayoría de estudios sobre la Guacamaya Verde y psitácidos en general, se

desconoce el éxito reproductivo y la productividad de las parejas anidantes

(volantones/nido) en distintas regiones o tipos de vegetación.

El éxito aparente del nido es reportado como la proporción de nidos exitosos (que hayan producido al menos un pollo) del total al que se dio seguimiento (Johnson 1979, Hensler & Nichols 1981). Sin embargo, la desventaja de este enfoque es que no considera los factores ambientales que afectan el desempeño reproductivo de las especies (Johnson 1979, Hensler & Nichols 1981). En los estudios de la Guacamaya Verde, siempre ha existido la limitante de un reducido tamaño de muestra de nidos estudiados en cada localidad donde se ha evaluado la anidación (5 a 17 nidadas) (Carreón 1997, Gómez-Garduño 2004, Bonilla-Ruz & Reyes-Macedo 2006, Sierra-Franco 2006, Reyes-Macedo 2007, Rivera-Ortíz *et al.* 2008, Juárez *et al.* 2012, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Ante la disminución que muestran sus poblaciones, existe la necesidad de evaluar con precisión el éxito de anidación, especialmente si es una de las especies de psitácidos más amenazados, requiriéndose entender la relación entre el desempeño y las condiciones ambientales (características de nidos y/o calidad de hábitat). En los estudios de guacamayas en México no se ha medido el éxito reproductivo mediante modelos de supervivencia de nidos, aunque existen algunas experiencias en loros del género *Amazona*, en los que se empleó el método Mayfield y donde las probabilidades de éxito oscilan entre 0.08 – 0.61 (Enkerlin-Hoeflich 1995, Bianchi 1998, Koenig 2001, Fernandes Seixas & de Miranda Mourão 2002, Rivera *et al.* 2013). Otro método empleado recientemente para estimar el éxito reproductivo en psitácidos es el de exposición logística (Berkunsky 2010).

Mediante este método, se pueden identificar y evaluar las variables asociadas al éxito reproductivo que actúan a nivel de nidos individuales y a nivel temporal, como la distancia

a bordes, ocultamiento del nido, parasitismo de nidada en aves paseriformes que anidan en nidos expuestos (Rotella *et al.* 2004, Shaffer 2004, Chapa-Vargas and Robinson 2006, 2007, 2013), también variables específicas del sitio de anidación, como la altura e inclinación de la entrada a la cavidad de un árbol (Berkunsky 2010). Otros autores han examinado variables temporales como la edad de la nidada, la fecha o el efecto año de estudio, examinadas en anátidos, rapaces y aves canoras (Johnson & Shaffer 1990, Lehman *et al.* 1998, Grant *et al.* 2005, Chapa-Vargas & Robinson 2013), y que se ha visto que afectan la probabilidad de supervivencia de las nidadas (Rotella *et al.* 2004, Shaffer 2004). Sin embargo, un factor limitante para el uso generalizado de la exposición logística en aves anidantes de cavidades de árboles como los psitácidos, es lo limitado del tamaño de muestra de nidos (Berkunsky 2010).

Algunas especies de psitácidos, como la Guacamaya Verde, pueden anidar tanto en forma gregaria compartiendo árboles nido (Brightsmith 2005, Chassot *et al.* 2011) o en nidos aislados como la Guacamaya Verde, dependiendo de la disponibilidad espacial de sitios para anidar. La anidación gregaria proporciona ventajas, no sólo en cuestiones de obtención de pareja y recursos alimenticios, sino también en cuestiones de éxito reproductivo (Lawson & Lanning 1981, Macías-Caballero 1998, Snyder *et al.* 2000, Masello & Quillfeldt 2002, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Sin embargo, a pesar que en algunas especies (e. g., *Cyanoliseus patagonus*), la anidación gregaria reduce las tasas de depredación e incrementa localmente el porcentaje de nidos exitosos (Masello & Quillfeldt 2002, Masello *et al.* 2006), en pocas especies ha sido posible evaluar y comparar el éxito reproductivo de nidos gregarios o solitarios de psitácidos en una misma localidad, como en el caso de la Guacamaya Verde. Los pocos

estudios en México han muestreado grupos reproductivos en Oaxaca o en Querétaro, donde las parejas sólo anidan en forma gregaria en riscos, sin oportunidad de comparar el éxito con nidadas aisladas de la misma región (Bonilla-Ruz & Reyes-Macedo 2006, Sierra-Franco 2006, Reyes-Macedo 2007, Rivera-Ortíz *et al.* 2008, Gaucín-Ríos 1999).

Ante la problemática que enfrenta la especie, es necesario conocer cómo el éxito reproductivo y la productividad se ven influidos por variables ambientales y conductuales como compartir el árbol nido (Bonilla-Ruz *et al.* 2014), por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar la tasa de supervivencia diaria en un conjunto de nidadas que compartieron los mismos árboles, así estimar el efecto de como algunas variables (precipitación, orientación de la cavidad, etc.) sobre la reproducción de la Guacamaya Verde a lo largo de tres temporadas de anidación (2012-2014), en el Sur de Bahía de Banderas, Jalisco. Los resultados obtenidos tendrán un potencial de aplicación para la toma de decisiones y así promover la conservación de la especie en la zona y en sitios de anidación con condiciones similares a las aquí mencionadas.

MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio incluye las localidades de “Boca de Tomatlán” (20°30’44’’N, 105°18’53’’W, 9 m s.n.m.) y “Las Juntas y los Veranos” (20°28’52’’N, 105°17’36’’W, 291 m s.n.m.), en el sur de la Bahía de Banderas, en los municipios de Puerto Vallarta y Cabo Corrientes, Jalisco, México (Fig. 1). El área de anidación presenta pendientes inclinadas (>45°) y un gradiente altitudinal desde el nivel del mar hasta los 600 m s.n.m. En el área predomina el bosque tropical subcaducifolio (0 a 400 m s.n.m.), con una área con ecotonos

entre bosque tropical subcaducifolio y bosques templados (410 a 550 m s.n.m.). En altitudes superiores a los 550 m s.n.m. se localiza el bosque templado mixto con asociaciones de pino-encino, encino-pino, y encinar. La superficie estudiada comprende 402 ha de bosque tropical subcaducifolio, 159 ha de bosque templado de encino-pino y 57 ha de ecotono con ambos tipos de vegetación.

Trabajo de campo

La población anidante se registró desde agosto de 2008, durante una etapa de reconocimiento del terreno (2008–2011). El muestreo y seguimiento detallado inició hasta 2012. Durante este periodo se localizaron árboles con cavidades-nido y se observó la actividad de parejas con ayuda de guías locales. Se delimitó una extensión de aproximadamente 600 ha en bosque tropical subcaducifolio para el estudio. El área incluyó todos los árboles-nido localizados durante los años previos, sin embargo, de los 13 árboles localizados en el 2012, por limitaciones logísticas sólo fue posible dar seguimiento a cuatro árboles nido (siete nidadas), mientras que en los años posteriores se incluyeron todos los árboles-nido localizados y activos. Las cavidades activas fueron estudiadas desde agosto de cada año, mediante seguimiento de las parejas de guacamayas. Se estima que en ese mes inicia el ciclo reproductivo de la especie en la región, exhibiendo conductas de inspección de cavidades y cortejos (Bonilla-Ruz *et al.* 2014). Los criterios para considerar un hueco de árbol como potencial para una nidada, fueron observar cortejos, cópulas, acicalamiento mutuo y alimentación por regurgitación de un individuo adulto a otro, en los alrededores del árbol con la cavidad, así como la inspección de la misma.

Para confirmar una cavidad como nido activo, se consideró la permanencia de la pareja en el árbol con la cavidad, además de observarlos entrar a la misma y permanecer allí por un lapso mayor a 30 min durante el periodo de puesta de los huevos (septiembre y principios de octubre). Esos criterios se confirmaron como confiables al haberse observado pollos (n = 7 nidadas) en meses posteriores durante el año 2012 (Bonilla-Ruz *et al.* 2014) y coincide en las conductas asociadas a la anidación reportadas en guacamayas por otros autores (Lanning 1991; Bianchi 1998; Reyes-Macedo 2007; Berkunsky *et al.* 2014b).

Éxito reproductivo

Desde la temporada reproductiva de 2012 se dio seguimiento a las nidadas a lo largo de toda la temporada de reproducción, revisándose todas las cavidades potenciales en intervalos desde los tres a los 12 días, hasta comprobar que el nido estuvo inactivo o descartar su actividad por abandono, depredación, o vuelo de los volantones. En cada visita se verificó la condición del nido, su edad y la etapa de reproducción. Estas dos últimas se determinaron observando la conducta de atención al nido y la frecuencia de visitas por las parejas durante el proceso de reproducción. Se ha observado que en la etapa de eclosión la frecuencia de visitas por las parejas y su permanencia en la cavidad es de mayor duración, y durante la etapa de crecimiento de los pollos se observa una reducción en el tiempo que permanece la pareja en la cavidad, además los polluelos comienzan a vocalizar (Reyes-Macedo 2007, Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Cada árbol nido localizado fue revisado en cada temporada de anidación sucesiva a partir de la temporada 2012-2013 y hasta la temporada 2014-2015. Los árboles no fueron escalados, salvo contadas excepciones donde existía duda, por lo que el éxito de anidación

se determinó mediante la observación directa de los polluelos con plumaje completo en la entrada de la cavidad antes de abandonar el nido (Bonilla-Ruz *et al.* 2014). El fin del ciclo reproductivo fue confirmado mediante la observación de volantones, evento que inicia a mediados de enero (Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Variables de características de hábitat de anidación

Una vez localizadas las cavidades utilizadas como nidos por la Guacamaya Verde, se tomaron algunos parámetros del árbol-nido: la especie del árbol-nido se identificó siguiendo la guía de árboles tropicales (Pennington & Sarukhán 2005). Las variables registradas para los modelos incluyeron la orientación vertical (si la entrada de la cavidad estaba orientada hacia el cielo o el suelo), la característica de anidación gregaria (número de nidadas simultáneas en el mismo árbol-nido o en nidos con una proximidad de hasta 20 metros), además de las coordenadas geográficas.

Variables temporales

Se consideraron variables relacionadas con la fecha de puesta y el año, ya que se ha reportado que influyen en el éxito reproductivo de algunas especies de psitácidos (Berkunsky 2010, Berkunsky, Cepeda, *et al.* 2014), por lo cual, se incluyeron dentro de los modelos variables como: el año de estudio, la fecha de inicio del nido (el día uno se refiere al día en que inició el primer nido; Chapa-Vargas and Robinson 2013) y edad de la nidada (días transcurridos desde la puesta del primer huevo).

Variable climática

Dentro de las variables explicativas incorporadas a los modelos de supervivencia de nidos, se evaluó el efecto que tiene la lluvia (ausencia o presencia) en cada intervalo de revisión de nidos, la cual se obtuvo de la estación meteorológica “El Cuale” (número de estación = 14339; CONAGUA 2015), ubicada en el poblado de Paso Ancho, cerca de Puerto Vallarta y a una distancia de 13.5 km en línea recta del sitio de estudio, a una altitud similar a la zona de estudio (53 m.s.n.m.).

Análisis Estadísticos

Se utilizó el paquete estadístico R versión 3.1.3 (R Core Team 2013) para ajustar modelos de exposición logística (Rotella *et al.* 2004, Shaffer 2004) a los datos, evaluando los efectos de las variables seleccionadas: temporales (edad de la nidada, fecha de inicio y año), características de la anidación (anidación gregaria y orientación vertical de la cavidad), y la variable climática (presencia de precipitación en cada intervalo de revisión) sobre la supervivencia de los nidos.

Para el cálculo de los modelos, se utilizó el tamaño de muestra efectivo, el cual consiste de la suma del total de días en que los nidos sobrevivieron, más el total de intervalos de revisión en que se observó el fracaso de nidos (Rotella *et al.* 2004).

Selección de modelos

Se utilizó la corrección para tamaños de muestra pequeños del criterio de información de Akaike (AICc), y los pesos de Akaike (w_i) para evaluar y seleccionar los modelos (hipótesis) relacionadas con el efecto de la supervivencia de los nidos para la Guacamaya

Verde (DeLeeuw 1992, Burnham & Anderson 2002). Los modelos se seleccionaron en dos etapas: en la primera se evaluaron los efectos de las variables temporales (edad de la nidada, año y fecha de inicio), construyéndose cuatro modelos: el modelo constante de supervivencia, que asume una misma probabilidad de supervivencia durante toda la temporada de reproducción sin incluir variables explicativas. Los modelos 2, 3 y 4 que incluyen efectos lineales de cada variable temporal, edad de la nidada, año-temporada y fecha de inicio del nido, respectivamente.

En la segunda etapa se consideraron todas las demás variables ambientales, más el modelo temporal que recibió mayor soporte de los datos durante la primera etapa de modelación. En esta etapa se analizaron simultáneamente los efectos de las variables ambientales y las variables temporales en la supervivencia del nido, por lo que las hipótesis *a priori* de la supervivencia de los nidos fueron evaluadas con los siguientes modelos: Nulo: un modelo de supervivencia constante, donde sólo se incluyó el intercepto, el cual es usado para determinar si un modelo aleatorio sin variables genera un mejor modelo que cuando se incluye cualquiera de las variables seleccionadas, 1) el modelo de mayor soporte de los efectos temporales de la primera etapa, 2) el efecto de la orientación vertical de la cavidad, anidación gregaria y la presencia de lluvia en el periodo de revisión, esta variable se consideró como factor (1 = presencia, 0 = ausencia), 3) modelo con el efecto de la variable temporal, la orientación vertical de la cavidad, y la lluvia, 4) efecto de la variable temporal y la lluvia, 5) modelo con el efecto de la lluvia, 6) el efecto de la orientación de la cavidad y lluvia, 7) el efecto de la variable temporal y la anidación gregaria, 8) el efecto de la anidación gregaria, 9) efecto de la anidación gregaria y la lluvia, y finalmente, un modelo

global: con todas las variables sin considerar interacciones, como recomiendan Burnham & Anderson (2002).

Antes de ejecutar los modelos o hipótesis, se evaluó el ajuste del modelo global a los datos mediante la prueba de bondad de ajuste de Hosmer & Lemeshow (2000). Para categorizar los modelos con soporte en orden descendente, se utilizó la corrección del criterio de información de Akaike para muestras pequeñas (AICc), las diferencias de Akaike ($\Delta AICc$) y los pesos de Akaike (w_i ; Burnham & Anderson 2002). Posteriormente, se promediaron los parámetros “ponderados” utilizando los valores w_i como factor de ponderación, lo anterior para tomar en cuenta la incertidumbre de los modelos seleccionados al momento de realizar la inferencia; se calcularon los pesos de los modelos promediados de la estimación de cada parámetro y su error estándar asociado. Debido a que la lluvia estuvo sobre-representada en los modelos en comparación con las demás variables, se reajustaron los valores de w_i para evitar la redundancia en los modelos (Burnham & Anderson 2002, Shaffer 2004).

Finalmente, se utilizaron los parámetros ponderados y sus errores estándar para calcular las fracciones de probabilidad (OR u “odd-ratio”) y sus intervalos de confianza con un 95% (IC); solo se interpretaron aquellas variables donde el OR y su IC no incluyeron al uno (Peak *et al.* 2004).

Se estimó el éxito reproductivo para todo el intervalo de revisión (porcentaje de nidos que sobreviven el periodo de anidación completo), con base en el modelo de mayor soporte. Se tomó en cuenta cada etapa del ciclo reproductivo de la guacamaya, considerando la siguiente duración: diez días para la puesta de huevos, 33 días para la incubación, y 89 ± 4

DE (desviación estándar) días para la etapa de crecimiento de pollos (Avilés-Ramos 2014), para un total de 132 días de duración de todo el ciclo reproductivo de la Guacamaya Verde.

Finalmente, con la finalidad de establecer el promedio de precipitación diaria a lo largo del ciclo reproductivo para cada uno de los años de estudio y así identificar aquellos eventos de lluvia que causaron la pérdida de las nidadas de la especie, se promediaron los milímetros de precipitación únicamente de los días de lluvia mayores a 5 mm en la temporada de reproducción (octubre a marzo). Los datos de precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica “El Cuale” (número de estación = 14339; CONAGUA 2015).

RESULTADOS

En el periodo de agosto de 2012 a marzo de 2015, se identificaron 38 eventos de anidación de Guacamaya Verde en: *Piranhea mexicana* (n = 31, 81.6%); *Astronium graveolens* (n = 3; 7.9%); *Pinus jaliscana* (n = 2, 5.3%); *Ficus goldmanii* (n = 2; 5.3%). Las cavidades registradas en los diferentes años presentaron una reutilización de 100%, y las 38 nidadas fueron localizadas en 17 cavidades de 10 árboles-nido (Cuadro 1).

El mayor porcentaje de nidadas (n = 27; 71.1%) correspondió a parejas que anidaron ≤ 20 m de distancia y/o que compartieron el árbol-nido en *Piranhea mexicana*; se observó un máximo de cinco cavidades con nidadas simultáneas (anidación gregaria), mientras que el 28.9% (n = 11) correspondió a árboles-nido con una sola cavidad y anidando a distancia $>$ de 20 m de la pareja más cercana (Cuadro 1).

Cuadro 1 - Árboles-nido localizados y reutilización de cavidades durante las temporadas reproductivas de la Guacamaya Verde, en la porción sur de Bahía de Banderas, Jalisco (2012-2014).

Temporada de Reproducción	Especie Árbol-nido	Nidos activos	Nidos Monitoreados	Nidos Exitosos	Condición
2012-2013	<i>Piranhea mexicana</i>	1	1	1	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	3	3	3	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	2	2	2	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	1	1	1	Solitaria
	<i>Astronium graveolens</i>	1	1	1	Solitaria
2013-2014	<i>Ficus goldmanii</i>	1	1	0	Solitaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	3	3	3	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	2	2	2	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	5	5	3	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	2	2	2	Solitaria
2014-2015	<i>Pinus jaliscana</i>	2	2	2	Solitaria
	<i>Astronium graveolens</i>	1	1	1	Gregaria
	<i>Astronium graveolens</i>	1	1	1	Solitaria
	<i>Ficus goldmanii</i>	1	1	0	Solitaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	2	2	0	Solitaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	5	5	3	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	3	3	2	Gregaria
	<i>Piranhea mexicana</i>	2	2	1	Gregaria
TOTALES		38	38	28	

Éxito aparente del nido

Mediante el éxito aparente del nido (nidos exitosos/total monitoreados) se estimó para las tres temporadas en conjunto con un éxito general de 0.74 o 74% (Cuadro 2).

Cuadro 2 - Éxito aparente de la Guacamaya Verde en tres temporadas de anidación (2012-2014), en la porción sur de la Bahía de Banderas, Jalisco.

Temporada de anidación	Árboles nido monitoreados	Nidos activos	Éxito aparente	Productividad (volantones/nido)
2012-2013	5	7	1,0	1.28
2013-2014	7	14	0.79	0.93
2014-2015	10	17	0.59	0.83

Al comparar el éxito entre nidadas gregarias y nidadas solitarias, se observó un mayor porcentaje de éxito en nidadas gregarias, que las nidadas solitarias (78% vs 64%). Sin embargo, al comparar estadísticamente las diferencias mediante una prueba de exactitud de Fisher en tablas de contingencia, las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre ambos grupos ($P = 0.4318$). La principal causa de pérdida de nidos en la región fue la lluvia a lo largo de temporada reproductiva, con nueve fracasos (23.7% de los nidos) y solo uno (2.6%) por depredación.

Éxito reproductivo (exposición logística)

Las 38 nidadas de Guacamaya Verde estudiadas sumaron 3772 días de exposición y 742 intervalos de visita. No se encontró una asociación clara entre la supervivencia y las variables de orientación vertical de la cavidad y la anidación gregaria. La prueba de bondad de ajuste de Hosmer y Lemeshow indicó que el modelo global se ajustó a los valores

observados ($X^2 = 12.083$, $DF = 5$, $P = 0.148$). Durante la primera etapa del proceso de selección de modelos, se encontró que el modelo temporal con mayor soporte fue el de la edad del nido, mientras que en la segunda etapa, cuando se combinó el mejor modelo temporal (edad de la nidada) con las demás variables ambientales, el modelo de mayor soporte fue el que incluyó los efectos de la variable temporal y la lluvia (modelo 4). Sin embargo, aquellos modelos con un $\Delta AICc$ menor o igual a dos son equivalentes al mejor modelo ($\Delta AICc \leq 2.0$; Cuadro 3), y para este caso, estos incluyeron al modelo global, el modelo de efecto temporal en combinación con la orientación vertical y la lluvia, y finalmente el modelo con lluvia como única variable independiente.

Cuadro 3 - Modelos candidatos a priori que explican la variación en el éxito reproductivo de la Guacamaya Verde en la región de Bahía de Banderas Jalisco. 2012-2014.

No. Modelo	Modelo	K	Log _e (L)	AICc	ΔAICc	w _i
4	Efecto temporal y lluvia	3	-47,98	102,00	0,00	0,28
Global	Modelo global	5	-46,12	102,33	0,33	0,24
3	Efecto temporal, orientación vertical y lluvia	4	-47,37	102,81	0,81	0,19
5	Efecto lluvia	2	-49,92	103,87	1,87	0,11
6	Efecto orientación vertical y lluvia	3	-49,50	105,04	3,04	0,06
9	Efecto anidación gregaria y lluvia	3	-49,57	105,18	3,19	0,06
2	Efecto orientación vertical, anidación gregaria y lluvia	4	-48,91	105,88	3,88	0,04
1	Efecto temporal	2	-54,47	112,96	10,96	0,01
Null	Modelo nulo	1	-55,96	113,92	11,93	0,01
7	Efecto temporal y anidación gregaria	3	-54,38	114,80	12,80	0,00
8	Efecto anidación gregaria	2	-55,94	115,90	13,90	0,00

K.- Número de parámetros; Log_e(L).- Logaritmo de la máxima verosimilitud; AICc.- Criterio de información de Akaike para tamaños de muestras pequeños; ΔAICc.- Valor escalado de AICc y w_i.- pesos de Akaike. El modelo con el valor más bajo de ΔAICc y el más alto de w_i tiene el mejor soporte por los datos. El total de intervalos entre intervalos de visita al nido fue $n = 742$.

Todos los intervalos de confianza en las fracciones de probabilidad fueron estimados a partir de los parámetros en los modelos promediados, las variables con efectos importantes son aquellas en que los intervalos de confianza sobre sus parámetros no se traslapen con 1.0. Sin embargo, los traslapes de algunas variables fueron muy ligeras con 1.0, por lo que se sugiere reportarlas como importantes sobre el efecto del éxito reproductivo (Cuadro 4). El efecto de las variables como la presencia de lluvias y la edad de la nidada son factores que influyeron en la tasa diaria de supervivencia de las nidadas de la Guacamaya Verde, los efectos de las demás variables explicativas del éxito reproductivo de la Guacamaya Verde fueron poco aceptables (Cuadro 4).

Cuadro 4 - Estimadores promediados a través de los modelos de los coeficientes de la regresión (COEF), errores estándar (EE), fracciones de probabilidad (OR), e intervalos de confianza del 95% (IC), de la supervivencia de nidos de la guacamaya verde utilizando los modelos de la exposición logística.

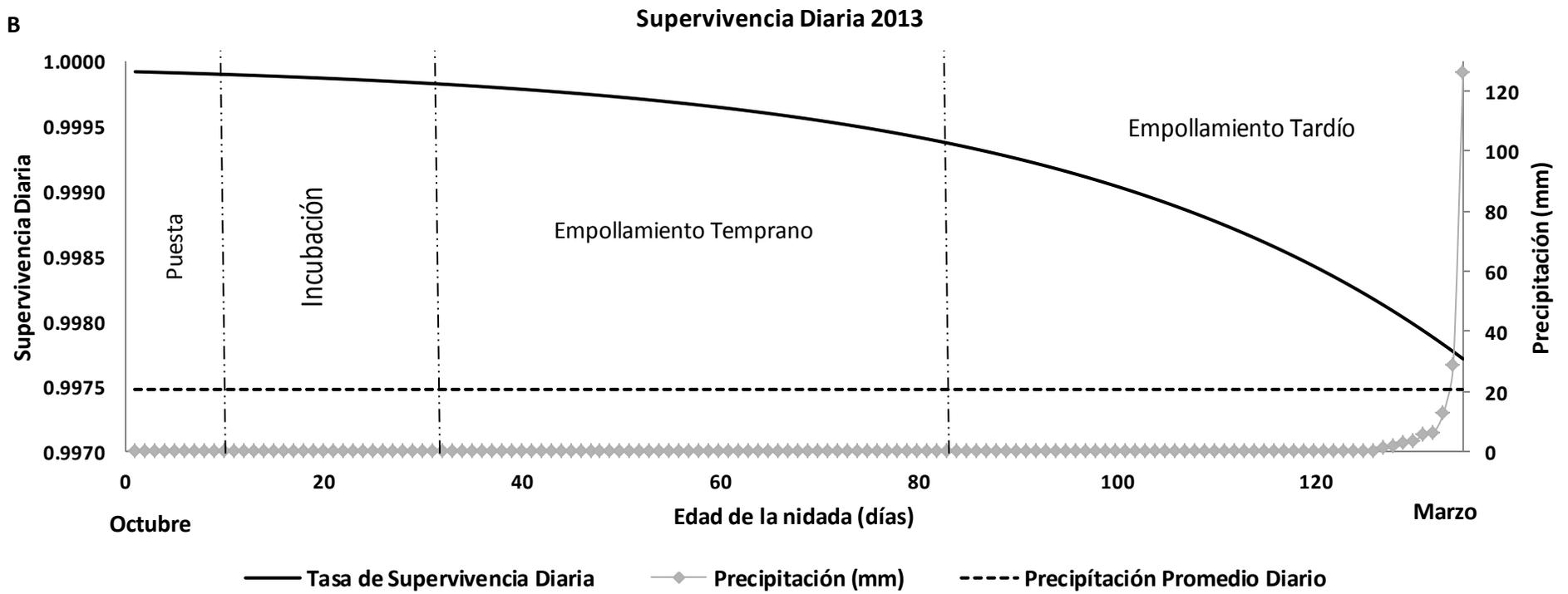
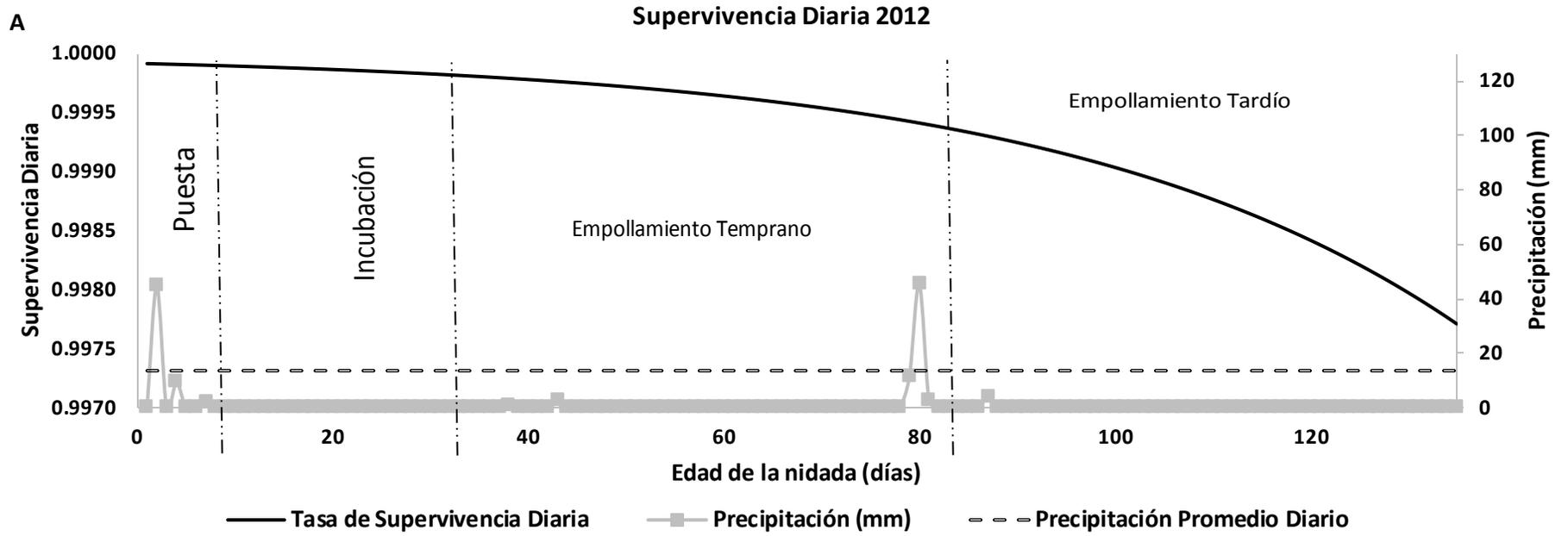
Efecto	COEF	EE	OR	IC (95%)
Intercepto	9.43	2.14		
Edad de la nidada	-0,02	0,01	0,98	0,95 - 1,00*
Orientación vertical	0,86	0,91	2,38	0,39 - 14,30
Anidación gregaria	-1,07	1,11	0,34	0,03 - 3,05
Lluvia (1 vs 0)	-2,84	1,54	0,05	0,01 - 1,18*

* = Variables cuyos intervalos de confianza se traslaparon con 1 ligeramente

Los días de precipitación diario para las tres temporadas de anidación fueron los siguientes: En la temporada 2012 se registró un promedio de precipitación diario (PPD) de 13.67 mm con un intervalo de 0 – 45.5 mm y tan solo dos eventos que sobrepasan el PPD (44.6 y 45.5 mm, respectivamente; Fig. 2a), mientras que, para la segunda temporada (2013) se reportan 20.81 mm de PPD con un intervalo de 0 - 126 mm y dos eventos que sobrepasaron los valores de PPD (Fig. 2b), la magnitud del mayor evento de lluvia alcanza los 126 mm en la

etapa de empollamiento temprano a mitad del ciclo reproductivo, y la tercera temporada (2014) se registraron 26.34 mm de PPD con un intervalo de 0 – 116.2 mm y siete eventos que sobrepasan el valor de PPD concentrados al inicio y en la etapa final del ciclo reproductivo (Fig. 2c).

Con base en nuestro modelo climático (efecto de la edad de la nidada y la lluvia), y asumiendo una edad de la nidada de 10, 33, 82 y 131 días para las etapas de puesta, incubación, empollamiento temprano y empollamiento tardío de polluelo, respectivamente, se realizaron modelos para el intervalo de la probabilidad del éxito reproductivo durante el ciclo completo en tres diferentes escenarios: 1) asumiendo la presencia de lluvias constante a lo largo de toda la temporada de anidación 0.21 (0.0-0.99); 2) asumiendo durante el ciclo entero la ausencia de lluvias 0.91 (0.0-0.99), y 3) se modeló el intervalo de éxito reproductivo combinando los días promedio de lluvias durante la temporada de reproducción ($n = 36$ días de lluvia/temporada reproductiva), la probabilidad de éxito es de 0.68 (0.0-0.99).



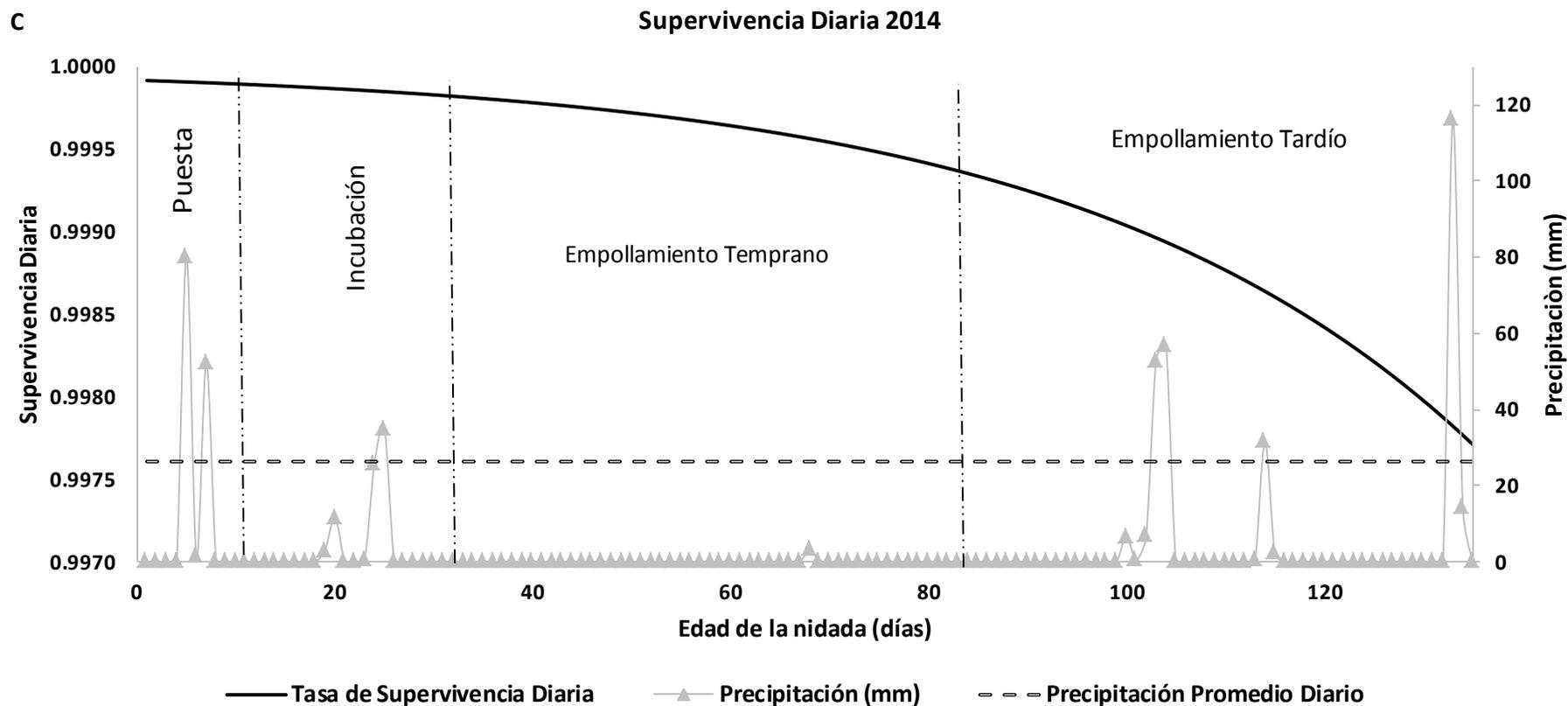


Figura 2 - Estimación de la supervivencia diaria de los nidos de la guacamaya verde (*Ara militaris*), en la región de Bahía de Banderas, Jalisco. Bajo el efecto de la variable temporal (edad de la nidada) y la variable climática (lluvia). La supervivencia diaria fue estimada de los coeficientes del mejor modelo, sin promediar. A) Temporada de reproducción 2012, B) Temporada de reproducción 2013, C) Temporada de reproducción 2014.

DISCUSIÓN

Nidos localizados por temporada reproductiva

La Guacamaya Verde fue muy selectiva, anidando en sólo cuatro especies arbóreas y concentrando 81.6% de los nidos en una sola especie, *Piranhea mexicana*. Este nivel de concentración de nidadas en una sola especie de árbol es de los más altos registrados en el Neotrópico. Esto es similar a lo reportado para algunas especies de guacamayas, como la Azul y Amarillo (*Ara ararauna*), la Guacamaya de Vientre Rojo (*Orthopsittaca manilata*), que anidan principalmente en palmas *Maurita flexuosa*, y la Guacamaya Severa (*Ara severus*) la cual anida exclusivamente en *Dipteryx micrantha* (Brightsmith 2005, Brightsmith & Bravo 2006). Por otra parte, contrasta con lo observado en algunos loros que utilizan gran variedad de especies de árboles para anidar por ejemplo: *Amazona aestiva* la cual utiliza hasta 17 especies de árboles (Fernandes Seixas & de Miranda Mourão 2002).

Esta alta selectividad local en la población de Guacamaya Verde estudiada, hace que la especie de árbol-nido (*Piranhea mexicana*) sea un recurso clave para la población local. Además, las características de este árbol facilitan la anidación gregaria, representando un porcentaje inusualmente alto (71.1%) de guacamayas compartiendo el mismo árbol al anidar. Esta conducta ha sido reportada en algunas especies de Sudamérica principalmente en especies de guacamayas de género *Ara* aunque en bajas proporciones (Brightsmith 2005, Chassot *et al.* 2011).

En México, la Cotorra Serrana Occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) anida de manera similar a la Guacamaya Verde y se ha observado a las parejas anidando en árboles vecinos y compartiendo con una o más parejas el mismo árbol nido (Monterrubio-Rico *et al.* 2006).

Sin embargo, el porcentaje de gregarismo reportado para la Guacamaya Verde es más del doble que lo reportado para la Cotorra Serrana Occidental (71.1% vs 30%, respectivamente; Monterrubio-Rico *et al.* 2006).

Desde la perspectiva demográfica, se estima que cada año el porcentaje de una población local que anida es de alrededor del 20% del total de la población (Munn 1992); si en esta población el porcentaje se mantiene, puede permitir hacer una aproximación al tamaño local de la población (17 cavidades utilizadas como nidos) por lo que es de esperar que este número de cavidades sea una muestra representativa de las parejas reproductivas de la población, debido a que Bonilla-Ruz *et al.* (en prep.), reportan una estimación poblacional máxima de 215 individuos en la región.

Éxito reproductivo

Este es el primer estudio en México en el que se emplea el método de exposición logística para evaluar el éxito de nidos de la Guacamaya Verde, presentándose además el mayor tamaño de muestra en la especie ($n = 38$ nidadas) y por el periodo más prolongado al abarcar tres temporadas sucesivas. El porcentaje de éxito reproductivo observado en el área de estudio es de los más altos observados entre guacamayas del género *Ara*. Si consideramos el éxito aparente de 74% es superior a lo obtenido para otras especies del género *Ara*: *A. ararauna* (41.6%; $n = 24$), *A. macao* (46%; $n = 43$), *A. chloropterus* (41%; $n = 17$) y *A. glaucogularis* (45%; $n = 30$) (Renton & Brightsmith 2009, Berkunsky *et al.* 2014a). Si se compara el éxito reproductivo estimado mediante modelos de supervivencia de nidos, nuestra estimación (0.68.) es la segunda más alta para guacamayas del género *Ara*

seguido por Bianchi (1998) quien reporta una probabilidad de 0.7 (70%) con el método de Mayfield, para la guacamaya azul y amarillo (*Ara ararauna*) en Brasil.

El porcentaje de éxito reproductivo observado para la Guacamaya Verde en el estudio es también superior a los observados en especies del género *Amazona* (*A. oratrix*, *A. autumnalis*, *A. viridigenalis*, *A. agillis*, *A. collaria*, *A. finschi*, *A. aestiva* y *A. tucumana*), especies en las que se estimaron a través de modelos de supervivencia de nidos (Mayfield), los valores de éxito reproductivo que oscilaron entre 0.08 – 0.61, donde los periodos de monitoreo fueron de tres temporadas reproductivas (con excepción de *A. tucumana* y *A. finschi* en las que se monitorearon cinco y seis temporadas reproductivas, respectivamente) (Enkerlin-Hoeflich 1995, Koenig 2001, Fernandes Seixas & de Miranda Mourão 2002, Renton & Salinas-Melgoza 2004, Rivera *et al.* 2013).

El nivel de éxito estimado mediante exposición logística en tres temporadas reproductivas para la población de Guacamaya Verde es mayor que el calculado para el Loro Hablador (*Amazona aestiva*) por Berkunsky (2010), durante cinco temporadas reproductivas, quien reporto una probabilidad de éxito de 0.39; su estudio es el único que ha utilizado el modelo de supervivencia de nidos mediante exposición logística para psitácidos. Además, menciona que las variables como la edad de la nidada, el día que inició la puesta y la exposición del orificio de la entrada fueron las variables más importantes que explican su éxito reproductivo.

Contrariamente a lo observado en este trabajo, la principal causa de pérdida de las nidadas de *A. aestiva* es la depredación (hasta un 50%), ya que 33 de 66 nidadas totales se perdieron por dicha causa, mientras que las tormentas sólo fueron responsables de la pérdida de un

11% (7 de 66) de las nidadas, porcentaje menor al observado para la Guacamaya Verde en este estudio.

Las altas tasas de pérdida de las nidadas por depredación para *A. aestiva* pueden deberse a la baja altura de las cavidades (6.1 ± 1.33 m, rango de 2.9 – 10 m) si las comparamos con las de la Guacamaya Verde (13.8 ± 6.1 m). El hecho de que las cavidades estén a una baja altura puede representar ventajas para los depredadores, que tienen un mayor acceso a las cavidades nido de las especies por los que la depredación al parecer no es un factor limitante para la Guacamaya Verde (Knutson *et al.* 2004).

Por otra parte, opuesto a la hipótesis de que la conducta de anidación gregaria jugaría un papel importante como variable explicativa del éxito reproductivo, el análisis con el método de exposición logística define a esta variable como poco importante (Cuadro 4), lo que posiblemente refleja el tamaño pequeño del número de nidos no gregarios. Sin embargo, esta conducta brinda ventajas en la alimentación, búsqueda y obtención de parejas, y en la reproducción a especies de loros sociales, es posible que sea parte de la causa del éxito reproductivo observado en la población en general, ya que aunque algunos nidos se encuentran alejados, su ubicación permite mantener comunicación y coordinación entre las distintas parejas anidantes, es quizás necesario examinar las diferencias de éxito reproductivo de nidos gregarios contra nidos solitarios establecidos a una mayor distancia y en un tamaño de muestra similar (Lawson & Lanning 1981, Forshaw 1989, Macías-Caballero 1998, Snyder *et al.* 2000, Masello & Quillfeldt 2002, Masello *et al.* 2006, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

El análisis del éxito reproductivo mediante el método del éxito aparente del nido, indica un porcentaje de éxito mayor para nidos gregarios que para los solitarios (78 vs 68%; respectivamente); sin embargo, las diferencias no fueron significativas como resultado del bajo número de nidos no gregarios. Estos datos destacan la importancia de tomar en cuenta esta variable en trabajos sobre el éxito reproductivo futuros en especies con una alta sociabilidad y anidación gregaria.

La principal causa de fracaso de las nidadas 23.7% (n = 38) es atribuible a lluvias intensas por arriba del promedio de precipitación diario; las nueve nidadas se perdieron en la segunda (3 nidadas) y tercera (6 nidadas) temporada, las cuales correspondieron con años lluviosos, en los que el promedio de precipitación diario es 20.81 y 26.34 mm, respectivamente (las lluvias fuertes por arriba del promedio alcanzan hasta los 126 mm de precipitación en un sólo día).

Es interesante el hecho de que la lluvia es un factor que afecta el éxito reproductivo independientemente de si la Guacamaya Verde anida en forma gregaria o no, y sólo un 2.6% (n = 38) de los fracasos fue por depredación (n = 1, nido solitario). Esta última variable se ha reportado como una de las variables que afecta de forma negativa el éxito reproductivo de la Guacamaya Verde y otras especies de psitácidos; por ejemplo, dentro del género *Amazona*: *A. aestiva* (11%; n = 66), *A. barbadensis* (2.6%; n = 346) y *A. viridigenalis* (10%; n = 30); (Enkerlin-Hoeflich 1995, Fernandes Seixas & de Miranda Mourão 2002, Sanz & Rodríguez-Ferraro 2006, Berkunsky 2010), para una especie de guacamaya (*Ara ararauna*, 11.1%; n = 18, Bianchi 1998), y un especie de periquito *Forpus passerinus* (3.1%; n = 63, Waltman & Beissinger 1992).

Aunque distintos autores reportan pérdidas de nidadas por la lluvia, en ningún trabajo se ha cuantificado la intensidad o frecuencia de lluvia causante de tales pérdidas. Renton & Salinas-Melgoza (2004) reportan que en años más lluviosos hay más pérdidas de nidos de *Amazona finschi*, pero no cuantifican la cantidad de lluvia; Fernandes-Seixas & de Miranda-Mourão (2002) reportan una cantidad de 104.5 mm de precipitación que causaron las pérdidas de las nidadas de *Amazona aestiva* en Agosto, sin embargo, no detallan si corresponde a lluvia acumulada durante varios días o a un periodo único de lluvia continua los que provocaron las pérdidas.

A pesar de los sesgos reportados para el éxito aparente del nido y que muchos de estos se relajan con la exposición logística (Rotella *et al.* 2004, Shaffer 2004), la diferencia del éxito reproductivo entre ambos métodos es pequeña (0.74 vs 0.68), lo que es posible ya que con excepción de la lluvia como causa de pérdida, la depredación fue muy baja, por lo que el hábitat y los sitios de anidación presentan una calidad alta. Si existiesen variables no identificadas que incidieran en el éxito aparente, la comparación de los resultados entre ambos enfoques se apreciaría. Para el éxito aparente se revisaron los nidos frecuentemente, por lo que se conoce en forma precisa su destino y lo ocurrido en cada una de las etapas de su reproducción (puesta, incubación y desarrollo del polluelo).

La diferencia entre estimaciones puede atribuirse al sesgo del éxito aparente del nido, el cual se genera al no detectarse los nidos al mismo tiempo, por lo que nidos es probable que algunos que iniciaron previamente hayan fracasado y no hayan sido detectados, sobreestimándose la probabilidad de éxito para las nidadas detectadas en las últimas etapas de la reproducción (Klett & Johnson 1982, Dinsmore *et al.* 2002, Jehle *et al.* 2004, Rotella *et al.* 2004).

La orientación vertical de la cavidad como variable, tampoco recibió suficiente soporte (Cuadro 4) y su efecto en el éxito reproductivo es poco claro y puede deberse a que los nidos que fracasaron están orientados ligeramente hacia arriba. Sin embargo, si es importante en el porcentaje de nidos fracasados al considerar la combinación de lluvia y orientación vertical de la cavidad podrían estar altamente relacionadas en el fracaso y pérdidas de las nidadas de Guacamaya Verde y de otros psitácidos en general, como se ha venido reportando con algunas especies del género *Amazona* y *Ara* (Enkerlin-Hoeflich 1995, Symes & Perrin 2004, Berkunsky 2010).

En conjunto, las variables que influyen sobre el éxito reproductivo de la guacamaya en la zona fueron la presencia de lluvias durante el crecimiento de los pollos en los nidos (principal causa de pérdida de las nidadas), asociada con la edad de la nidada (días transcurridos desde la puesta del primer huevo) (Cuadro 4). En este sentido, el mejor modelo que se relaciona con el éxito reproductivo es el modelo No. 4 (Cuadro 3), que incluye las variables antes mencionadas.

Por otro lado, al igual que lo reportado por Grant *et al.* (2005) para aves Passeriformes, la variable de la edad de la nidada (variable temporal) está fuertemente relacionada con el éxito reproductivo de la Guacamaya Verde, aspecto que se ha reportado para algunas especies de loros (*Amazona aestiva* y *A. finschi*; Renton y Salinas-Melgoza 2004; Berkunsky 2010), y tres especies de guacamayas (*Ara ararauna*, *A. chloropterus* y *A. glaucogularis*; Berkunsky *et al.* 2014a).

El efecto de esta variable se refleja en las últimas etapas del ciclo reproductivo, semanas antes de que los pollos salgan del nido, debido a que en este periodo (entre 82 y 131 días),

los pollos son más activos y conspicuos al vocalizar fuera de la cavidad, asomando su cabeza y haciendo ejercicios con sus alas, incrementando el riesgo de depredación (Reyes-Macedo 2007, Renton & Brightsmith 2009, Avilés-Ramos 2014, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Como dato adicional, en la zona de estudio, se observó que durante la etapa final, el Halcón Selvático de Collar (*Micrastur semitorquatus*), depredador potencial de pollos de la Guacamaya Verde, incrementó su presencia (Cinta-Magallon & Bonilla-Ruz 2009, Bonilla-Ruz *et al.* 2014).

Con estos resultados, es claro que para la Guacamaya Verde en la región de Bahía de Banderas, las variables más importantes para el éxito o fracaso de los nidos son la edad de la nidada, y la presencia de lluvias extraordinarias (por arriba del promedio diario de la temporada); adicionalmente, se define la cualidad de solitario o gregario como una característica que podría ser importante para la sobrevivencia y que se sugiere tomar en cuenta en futuros estudios para la especie.

LITERATURA CITADA

- Avilés-Ramos, L. M. 2014. Hábitat y actividad de una población de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Bahía de Banderas, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Pp 63.
- Berkunsky, I. 2010. Ecología Reproductiva del Loro Hablador (*Amazona aestiva*) en el Chaco Argentino. Tesis Doctorado. Universidad Nacional de la Plata. Pp 145.
- Berkunsky, I., R. E. Cepeda, C. Marinelli, M. V. Simoy, G. Daniele, F. P. Kacoliris, J. Díaz-Luque, F. Gandoy, R. M. Aramburú, & J. D. Gilardi. 2014. Occupancy and Abundance of Large Macaws in the Beni Savannas, Bolivia. *Oryx*: 1–8. Available at http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0030605314000258.
- Berkunsky, I., G. Daniele, F. P. Kacoliris, J. Díaz-Luque, C. P. Silva-Frias, R. M. Aramburú, & J. D. Gilardi. 2014. Reproductive Parameters in the Critically Endangered Blue-throated Macaw: Limits to the Recovery of a Parrot Under Intensive

- Management. PLoS One 9: 1–7.
- Bianchi, C. A. da C. 1998. Biología Reproductiva da Arara-canindé (*Ara ararauna*, Psittacidae) no Parque Nacional Das Emas, Goiás. Tesis Maestría. Universidade de Brasília. Pp 75.
- Bonilla-Ruz, C., T. C. Monterrubio-Rico, L. M. Avilés-Ramos, & C. Cinta-magallon. 2014. Anidación greagria y éxito reproductivo en la guacamaya verde (*Ara militaris*) en un bosque tropical costero del occidente de México. Ornitol. Neotrop. 25: 303–316.
- Bonilla-Ruz, C., & G. Reyes-Macedo. 2006. Temporada de Reproducción de Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la Cañada Oaxaqueña. Mesoamericana 10: 50–53.
- Brightsmith, D. J. 2005. Parrot Nesting in Southeastern Peru: Seasonal Patterns and Keystone Trees. Wilson Bull. Bull. 117: 296–305.
- Brightsmith, D. J., & A. Bravo. 2006. Ecology and Management of Nesting Blue-and-yellow Macaws (*Ara ararauna*) in Mauritia Palm Swamps. Biodivers. Conserv. 15: 4271–4287.
- Burnham, K. P., & D. R. Anderson. 2002. Model Selection and Inference. Springer Verlag, New York. Pp 515.
- Carreón, G. 1997. Estimación Poblacional, Biología Reproductiva y Ecología de la Nidificación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en una Selva Estacional del Oeste de Jaisco, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp 115.
- Chapa-Vargas, L., & S. K. Robinson. 2013. Large Forests Enhance Songbird Nesting Success in Agricultural-Dominated Landscapes of the Midwestern US. Ecography (Cop.). 36: 383–392.
- Chapa-Vargas, L., & S. K. Robinson. 2006. Nesting Success of a Songbird in a Complex Floodplain Forest Landscape in Illinois, USA: Local Fragmentation vs. Vegetation Structure. Landsc. Ecol. 21: 525–537.
- Chapa-vargas, L., & S. K. Robinson. 2007. Nesting Success of Acadian Flycatchers (*Empidonax virescens*) in Floodplain Forest Corridors. Auk 124: 1267–1280.
- Chassot, O., G. Monge-Arias, I. Alemán-Zelaya, & A. González-Tellez. 2011. Primer Reporte de un Árbol con Nidos Activos de Guacamayo Rojo (*Ara macao*) y Guacamayo Verde Mayor (*Ara ambiguus*) en Bosque muy Húmedo Tropical de Centroamérica. Zeledonia 15: 72–79.
- Cinta-Magallon, C., & C. Bonilla-Ruz. 2009. Reporte de un nido de *Micrastur semitorquatus* en un nido previamente ocupado por *Ara militaris* en el Refugio,

- Jalisco, México. *Mesoamericana* 13: 57–60.
- Collar, N. J., M. J. Crosby, & A. J. Stattersfield. 1994. *Birds to Watch 2: The World List of Threatened Birds*. Cambridge, U.K BirdLife C. BirdLife International, Cambridge, U. K. pp 407.
- Collar, N. J., & T. Juniper. 1992. Dimensions and causes of the parrot conservation crisis. Pp. 1–24 *in* Beissinger, R. S. & F. R. Snyder (eds). *New world parrots in crisis: solutions from conservation biology*. Washington, D. C. Pp 304.
- CONAGUA. 2015. Red de Estaciones Climatológicas. Available at http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75.
- DeLeeuw, J. 1992. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. Pp. 610–624 *in* Kotz, S. & N. L. Johnson (eds). *Breakthroughs in Statistics Volume I: Foundations and Basic Theory*. New York
- Dinsmore, S. J., G. C. White, & F. L. Knopf. 2002. Advanced Techniques for Modeling Avian Nest Survival. *Ecology* 83: 3476–3488.
- Enkerlin-Hoeflich, E. 1995. Comparative Ecology and Reproductive Biology of Three Species of Amazona Parrots in Northeastern Mexico. Ph. D. Thesis. Texas A&M University. Pp 202.
- Fernandes Seixas, G. H., & G. de Miranda Mourão. 2002. Nesting Success and Hatching Survival of the Blue-fronted Amazon (*Amazona aestiva*) in the Pantanal of Mato Grosso do Sul, Brazil. *J. F. Ornithol.* 73: 399–409.
- Forshaw, J. M. 1989. *Parrots of the World*. CSIRO publishing, Princeton, New Jersey. Pp 328.
- Gaucín-Ríos, N. 1999. Biología de la conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en el Sótano del Barro, Querétaro. Informe Final de Proyecto L204. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Querétaro, Qro. Pp 38.
- Gómez-Garduño, J. O. 2004. Ecología Reproductiva y Abundancia Relativa de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en Jocotlán, Jalisco, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp 59.
- Grant, T. A., T. L. Shaffer, E. M. Madden, & P. J. Pietz. 2005. Time-specific Variation in Passerine Nest Survival: New Insights Into Old Questions. *Auk* 122: 661–672.
- Hensler, G. L., & J. D. Nichols. 1981. The Mayfield Method of Estimating Nest Success: a Model, Estimators and Simulation Results. *Wilson Bull.* 93: 42–53.

- Hosmer, D. W., & S. Lemeshow. 2000. Applied Logistic Regression 2nd ed. Wiley, New York. Pp 528.
- Howell, S. N., & S. W. Webb. 1995. A guide to the birds of México and Northern Central America. Oxford University Press, New York. Pp 851.
- Jehle, G., A. A. Y. Adams, J. A. Savidge, & S. K. Skagen. 2004. Nest Survival Estimation: A Review of Alternatives to the Mayfield Estimator. *Condor* 106: 472–484. Available at <http://www.jstor.org/stable/4151045>.
- Johnson, D. H. 1979. Estimating Nest Success: The Mayfield Method and an Alternative. *Auk* 96: 651–661.
- Johnson, D. H., & T. L. Shaffer. 1990. Estimating Nest Success: When Mayfield Wins. *Auk* 107: 595–600.
- Juárez, M. C., G. Marateo, P. G. Grilli, L. Pagano, M. Rumi, & M. Silva Croome. 2012. Estado del conocimiento y nuevos aportes sobre la historia natural del Guacamayo Verde (*Ara militaris*). *Hornero* 27: 5–16.
- Klett, A. T., & D. H. Johnson. 1982. Variability in Nest Survival Rates and Implication to Nesting Studies. *Auk* 99: 77–87.
- Knutson, M. G., G. J. Niemi, W. E. Newton, & M. A. Friberg. 2004. Avian Nest Success in Midwestern Forests Fragmented by Agriculture. *Condor* 106: 116–130. Available at <http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1650/7358>.
- Koenig, S. E. 2001. The Breeding Biology of Black-billed Parrot (*Amazona agilis*) and Yellow-billed Parrot (*Amazona collaria*) in Cockpit Country, Jamaica. *Bird Conserv. Int.* 11: 205–225.
- Lanning, D. V. 1991. Distribution and Breeding Biology of the Red-fronted Macaw. *Wilson Bull.* 103: 357–365.
- Lawson, P. W., & D. V Lanning. 1981. Nesting and Status of the Maroon-fronted Parrot (*Rhynchopsitta terrisi*). Pp. 385–392 in Pasquier, R. F. (ed). Conservation of New World Parrots. ICBP/ Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.
- Lehman, R. N., L. B. Carpenter, K. Steenhof, & M. N. Kochert. 1998. Assessing Relative Abundance and Reproductive Success of Shrubsteppe Raptors. *J. F. Ornithol.* 69: 244–256.
- Macías-Caballero, C. 1998. Comportamiento de Anidación y Monitoreo de la Productividad de la Cotorra Serrana Oriental (*Rhynchopsitta terrisi*) en el Norte de México. Tesis Maestría. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

- Marín-Togo, M. C., T. C. Monterrubio-Rico, K. Renton, Y. Rubio-Rocha, C. Macías-Caballero, J. M. Ortega-Rodríguez, & R. Cancino-Murillo. 2012. Reduced current distribution of Psittacidae on the Mexican Pacific coast: Potential impacts of habitat loss and capture for trade. *Biodivers. Conserv.* 21: 451–473.
- Martin, T. E., & P. Li. 1992. Life History Traits of Open- vs. Cavity-Nesting Birds. *Ecology* 73: 579–592. Available at <http://www.jstor.org/stable/1940764> .
- Masello, J. F., M. L. Pagnossin, C. Sommer, & P. Quillfeldt. 2006. Population Size, Provisioning Frequency, Flock Size and Foraging Range at the Largest Known Colony of Psittaciformes: The Burrowing Parrots of the North-eastern Patagonian Coastal Cliffs. *Emu* 106: 69–79.
- Masello, J. F., & P. Quillfeldt. 2002. Chick Growth and Breeding Success of the Burrowing Parrot. *Condor* 104: 574–586. Available at [http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1650/0010-5422\(2002\)104\[0574:CGABSO\]2.0.CO;2](http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1650/0010-5422(2002)104[0574:CGABSO]2.0.CO;2).
- Mayfield, H. F. 1961. Nesting Success Calculated from Exposure. *Wilson Bull.* 73: 255–261.
- Mayfield, H. F. 1975. Suggestions for Calculating Nest Success. *Wilson Bull.* 87: 456–466.
- Monterrubio-Rico, T. C. 2012. Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) y su hábitat en áreas prioritarias de conservación en México. Informe Final Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Morelia, Michoacán.
- Monterrubio-Rico, T. C., J. Cruz-Nieto, E. Enkerlin-Hoeflich, D. Venegas-Holguin, L. Téllez-García, & M. C. Marín-Togo. 2006. Gregarious Nesting Behavior of Thick-billed Parrots (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) in Aspen stands. *Wilson J. Ornithol.* 118: 237–243.
- Monterrubio-Rico, T. C., M. Á. De Labra-Hernández, J. M. Ortega-Rodríguez, R. Cancino-Murillo, & J. F. Villasenor-Gómez. 2011. Distribución actual y potencial de la Guacamaya Verde en Michoacán, México. *Rev. Mex. Biodivers.*: 1311 – 1319.
- Munn, C. A. 1992. Macaw Biology and Ecotourism, or "When a Bird in the Bush is Worth Two in the Hand. *in* Beissinger, S. R. & N. Snyder (eds). *New World parrots in crisis: Solutions from Conservation Biology*. Smithsonian Institution Press. Pp 304.
- Newton, I. 1998. *Population Limitation in Birds*. Academic Press, London. Pp 597.
- Peak, R. G., F. R. Thompson III, & T. L. Shaffer. 2004. Factors Affecting Songbird Nest Survival in Riparian Forests in a Midwestern Agricultural Landscape. *Auk* 121: 726–737. Available at <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1642/0004->

8038(2004)121[0726:FASNSI]2.0.CO;2?prevSearch=[abstract:+nest+predation]+AND+[fulltext:+nest+predation+birds]+AND+[publisher:+bioone]&searchHistoryKey=.

- Pennington, T. D., & J. Sarukhán. 2005. Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies 3rd ed. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. Pp 523.
- Peterson, R. T., & E. L. Chalif. 1994. Aves de México, guía de campo. Diana, México, D. F. Pp 497.
- Renton, K., & D. J. Brightsmith. 2009. Cavity Use and Reproductive Success of Nesting Macaws in Lowland Forest of Southeast Peru. *J. F. Ornithol.* 80: 1–8.
- Renton, K., & A. Salinas-Melgoza. 2004. Climatic Variability, Nest Predation, and Reproductive Output of Lilac-crowned Parrots (*Amazona finschi*) in Tropical Dry Forest of Western Mexico. *Auk* 121: 1214–1225.
- Reyes-Macedo, G. 2007. Biología Reproductiva de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en la cañada Oaxaqueña, Dentro de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis Maestría. Instituto Politécnico Nacional. pp 65. Available at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15998525>.
- Ríos-Muñoz, C. A., & A. G. Navarro-Sigüenza. 2009. Efectos del Cambio de Uso de Suelo en la Disponibilidad Hipotética de Hábitat para los Psitácidos de México. *Ornitol. Neotrop.* 20: 491–509.
- Rivera, L., N. Politi, E. H. Bucher, & A. Pidgeon. 2013. Nesting Success and Productivity of Tucuman Parrots (*Amazona tucumana*) in High-altitude Forests of Argentina: Do They Differ From Lowland Amazona parrots? *Emu* 114: 41–49. Available at <http://dx.doi.org/10.1071/MU12062>.
- Rivera-Ortíz, F. A., A. M. Contreras-González, C. A. Soberanes-González, A. Valiente-Banuet, & M. D. C. Arizmendi. 2008. Seasonal abundance and breeding chronology of the military Macaw (*Ara militaris*) in a semi-arid region of Central Mexico. *Ornitol. Neotrop.* 19: 255–263.
- Rotella, J. J., S. J. Dinsmore, & T. L. Shaffer. 2004. Modeling Nest-survival Data: A Comparison of Recently Developed Methods That can be Implemented in MARK and SAS. *Anim. Biodivers. Conserv.* 27: 187–205.
- Rubio-Rocha, Y. 2014. Conservación de la Guacamaya Verde en México y Fortalecimiento de grupos de Investigación. Informe final de proyecto CONANP, PROCER/DGOR/04/2014. Culiacán de Rosales, Sinaloa.
- Sanz, V., & A. Rodríguez-Ferraro. 2006. Reproductive Parameters and Productivity of the

- Yellow-shouldered Parrot on Margarita Island, Venezuela: a Long-term Study. *Condor* 1008: 178–192.
- Shaffer, T. L. 2004. A Unified Approach to Analyzing Nest Success. *Auk* 121: 526–540.
- Sierra-Franco, D. 2006. Estudio Ecológico de la Guacamaya Verde (*Ara militaris* LINNAEUS) en el Salto del Agua Llovida, Municipio de Durango, Durango. Tesis Licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. Pp 58.
- Snyder, N., P. McGowan, J. D. Gilardi, & A. Grajal. 2000. Parrots. Status Survey and Conservation Action Plan 2000–2004. Snyder, N., P. McGowan, J. D. Gilardi, & A. Grajal (eds). IUCN, Switzerland and Cambridge, UK. Pp 190.
- Symes, C. T., & M. R. Perrin. 2004. Breeding Biology of the Greyheaded Parrot (*Poicephalus fuscicollis suahelicus*) in the Wild. *Emu* 104: 45–57. Available at www.publish.csiro.au/journals/emu Emu.
- TEAM, R. C. 2013. A Language and Environment for Statistical Computing. R Found. Stat. Comput. Available at <http://www.r-project.org/> [Accessed 5 May 2015].
- Waltman, J. R., & S. R. Beissinger. 1992. Breeding Behavior of the Green-rumped Parrotlet. *Wilson Bull.* 104: 65–84.

CONCLUSIONES GENERALES

Capítulo Uno – Historia de Vida de la Guacamaya Verde

Se presenta la primera revisión en México sobre la historia de vida de la Guacamaya Verde. México destaca entre los países donde se distribuye la especie por el número de investigaciones realizadas, las cuales abordan temas muy diversos que abarcan desde la revisión fisionómica de la especie, hasta genética entre poblaciones.

Los estudios publicados han permitido conocer diferentes aspectos de la Guacamaya Verde, como las áreas donde se distribuyen las poblaciones, los patrones generales de abundancias y la pérdida de hábitat adecuado para la distribución de la especie. Por lo cual, es necesario validar en campo los registros de las predicciones de modelos de distribución potencial para delimitar con precisión la presencia y distribución en algunas regiones de México (Pacífico, sur y alto Balsas), y así examinar la posible conectividad entre sus poblaciones. De igual forma, se necesita continuar con la exploración del territorio Sudamericano y establecer con precisión cada una de las poblaciones importantes en dicho territorio.

Localmente, la especie aprovecha con mayor frecuencia pocas especies de plantas, ya sea para anidar o alimentarse. A pesar de la alta riqueza de especies dieta reportadas para Guacamaya Verde ($n = 96$ especies), sólo consume dos o tres especies, las cuales concentran los valores nutricionales más altos. Por lo cual, examinar los niveles nutricionales en cada una de las zonas, así como disponibilidad y uso de especies dieta nos ayudaría a comprender las abundancias a nivel local, el éxito reproductivo y los niveles de reclutamiento de la especie.

La Guacamaya Verde utiliza cavidades de acantilados y árboles maduros de tallas grandes para anidar (árboles clave). Cuando anidan en árboles, los nidos se concentran en pocas especies y generalmente una sola especie concentra la mayoría de los nidos (hasta 80% de las nidadas totales). Poco se conoce acerca de los factores causantes de pérdidas de las nidadas. Se menciona que la depredación natural y por el hombre son de las principales causantes aunque, existe la evidencia que eventos climáticos como las tormentas afecta de forma negativa el éxito reproductivo.

Capítulo Dos – Uso de modelos de Exposición Logística para determinar el éxito reproductivo

La aplicación de la teoría de la información (criterio de información de Akaike), ha sido amplia en temas variados. Actualmente el uso de dicha herramienta se ha comenzado a aplicar en cuestiones ecológicas en diferentes especies. Este es el primer trabajo en México y para la Guacamaya Verde donde se aplica esta teoría en conjunto con modelos de supervivencia de nidos (Exposición Logística) para determinar el desempeño reproductivo de la especie.

El análisis presentado en el trabajo incluye el mayor tamaño de muestra registrado para la Guacamaya Verde ($n = 38$ nidadas) con los niveles más altos de éxito utilizando dicho método.

Hasta el presente trabajo se tenía poca información sobre los factores causantes de las pérdidas de las nidadas, ahora sabemos que factores como la lluvia y factores relacionados con el propio desarrollo del ciclo reproductivo de la especie (como la edad de la nidada) son de los factores más importantes que influyen en el éxito reproductivo.

Debido a los altos niveles de éxito y productividad aquí reportados, así como la particular

conducta de anidación gregaria observada en árboles es importante continuar con el monitoreo de dicha población y buscar alternativas de manejo ante las principales amenazas que enfrenta la especie en la zona (desarrollo de la industria turística).