



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN ECOLOGÍA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
ECOLOGÍA

**PREFERENCIA DE HÁBITAT DE LA GUACAMAYA VERDE (*Ara militaris* Linné)
EN EL MUNICIPIO DE COSALÁ, SINALOA**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN ECOLOGÍA BÁSICA
ECOLOGÍA BÁSICA

PRESENTA:

YAMEL GUADALUPE RUBIO ROCHA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. RODRIGO ANTONIO MEDELLÍN
LEGORRETA. INSTITUTO DE ECOLOGÍA-UNAM.

COMITÉ TUTOR: DR. HUGH DRUMMOND DUREY. INSTITUTO DE
ECOLOGÍA-UNAM.

COMITÉ TUTOR: DR. MIGUEL MARTÍNEZ RAMOS. CENTRO DE
INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS-UNAM.

MÉXICO, D.F. Junio de 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted, que el Subcomité de Biología Evolutiva y Manejo Integral de Ecosistemas, en su sesión ordinaria del día 01 de diciembre de 2014, aprobó el jurado para la presentación de su examen para obtener el grado de **MAESTRA EN ECOLOGÍA BÁSICA** del Posgrado en Ciencias Biológicas, de la alumna **RUBIO ROCHA YAMEL GUADALUPE** con número de cuenta 97800495 con la tesis titulada "**PREFERENCIA DE HÁBITAT DE LA GUACAMAYA VERDE *Ara militaris* (Linné) EN EL MUNICIPIO DE COSALÁ, SINALOA**", bajo la dirección del **DR. RODRIGO MEDELLIN LEGORRETA**:

Presidente: DR. GERARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ
Vocal: DRA. KATHERINE RENTON
Secretario: DR. HUGH DRUMMOND DUREY
Suplente: DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGUENZA
Suplente: DR. MIGUEL MARTINEZ RAMOS

El Comité Académico, aprobó que la integración del jurado se realizará a solicitud del alumno, con base en lo establecido en el Artículo 25 y acogiéndose al artículo **QUINTO TRANSITORIO**, del Reglamento General de Estudios de Posgrado vigente.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 10 de abril de 2014



DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

Agradecimientos

Agradezco de manera especial al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (PCB-UNAM) por permitir formarme en sus espacios con magníficos académicos y compañeros, por la oportunidad de recrearme en la institución con mayor grandeza académica y humana, la UNAM la máxima casa de estudios de México.

La investigación se llevó con las becas otorgadas por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), así como el apoyo recibido por el FMCN a través del proyecto “Caracterización del hábitat de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en Cosalá Sinaloa, México” con Clave C-1-97/4.

Doy gracias a los miembros del Comité Tutor:

Dr. Rodrigo Antonio Medellín Legorreta

Dr. Hugh Drummond Durey

Dr. Miguel Martínez Ramos

Por su confianza y paciencia, quienes participaron de manera activa en el desarrollo de esta investigación y redacción de tesis; por compartir sus conocimientos y experiencias que han enriquecido mi formación profesional y humana.

Agradecimientos a título personal

De manera especial deseo agradecer a los miembros del jurado por su amabilidad y apoyo en la revisión de esta tesis y valiosas sugerencias:

Dr. Rodrigo A. Medellín Legorreta

Dr. Hugh Drummond Durey

Dr. Miguel Martínez Ramos

Dra. Katherine Renton

Dr. Gerardo Jorge Ceballos González

Dr. Adolfo Gerardo Navarro Sigüenza

Agradezco al Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados Terrestres del IE-UNAM por el apoyo logístico e institucional, sobre todo al Dr. Rodrigo A. Medellín mi gratitud siempre.

Al personal administrativo de la UNAM, especialmente a Erika Rodríguez del Instituto de Ecología, por su invaluable apoyo, y a la Dra. María del Coro Arizmendi Coordinadora del Posgrado en Ciencias Biológicas de la Unidad de Posgrado, quien me hizo llegar valiosas observaciones para mejorar la tesis.

Agradezco las revisiones y sugerencias que me hicieron llegar el Dr. Tiberio Monterrubio Rico; Dra. Katherine Rento; Dr. Francisco Rivera Ortiz; M.C. Carlos Bonilla Ruz y M.C. Horacio Bárcenas Rodríguez, con el propósito de actualizar y mejorar este documento. El apoyo en campo y la asesoría del Mtro. Adrián Beltrán Magallanes, maestro del área de Botánica de la EB-UAS fue fundamental para la elaboración y conclusión de esta tesis, gracias por su respaldo.

Mi gratitud de vida profesional a la Universidad Autónoma de Sinaloa, especialmente a la Escuela de Biología (EB-UAS) donde me formé como bióloga y me ofreció una de las oportunidades más importantes de mi vida: prepararme y continuar en sus espacios como académica bajo su filosofía del compromiso y retribución a la sociedad.

El agradecimiento mayor a mi familia; a mis hijas María Fernanda y Mariana Valeria, a mi hijo Juanca y a mi esposo Carlos; a mis herman@s Silvia y Carlos por su apoyo en todo momento; a mi mamá Kinis; a mis primas Chayo y Rosa, a mis cuñad@s, especialmente a Magui Ayala.

No puedo dejar de mencionar a las siguientes personas que fueron esenciales para el desarrollo de este proyecto de investigación y para los pequeños logros, pero muy significativos, en la generación de conocimiento y acciones de conservación en el área de estudio, hoy Reserva Ecológica El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria.

Entre las personas están el Lic. Francisco Álvarez Cordero, ex Secretario General de la UAS; Don Adrián Sánchez Reséndiz y familia, quienes habitaron y resguardaron por muchos años con amor y responsabilidad las antiguas casas y espacios naturales en La Seca, Las Palmas y los alrededores; al M.C. Santiago Elenes Buelna, ex Director de Escuela de Biología-UAS; Biólogos Carlos Payán, Juanita Cázarez y Óscar Quevedo por su apoyo en campo durante los días más difíciles; a Antonio Martínez y Ángeles Cruz, por sus sabios consejos y su calidez humana.

Agradezco el entusiasmo y aportaciones de Juan Carlos Aispuro, nuestro gran veterinario de guacamayas y de Tilita González una gran amiga y conservacionista de Cosalá. A los biólogos y amigos Fermín Avilez, Mario Ibarra, Bladimir Salomón, Marisol Amador, Rosmery Osuna, Alejandro Sánchez, César Corrales, Dulce Ledón, Rafael Cazaréz y Julio Morales. A las hermanas Sylvia Margarita y Aurelia de la Parra por su

entusiasmo y aliento. A los L.C.C. Francisco Sotomayor y Guillermo Pacheco por dar a conocer a gran escala la importancia de la guacamaya verde a través de sus programas de tv “Reflejos de Sinaloa”; a Francisco Apodaca, otro amigo de Cosalá quien a través de su lente ha revelado la belleza de los bosques tropicales secos y su biodiversidad, y al Biólogo Alfredo Sánchez Ríos por su apoyo en la elaboración de los mapas y por ser un ejemplo de vida para muchos jóvenes universitarios. A mis compañer@s del Posgrado, en especial a Alicia Ibarra y Leoncio Paz, Cecilia Alfonso y Ricardo Clark, por su amistad y apoyo.

A las personas de las comunidades de Santa Ana, El Palmar, Cosalá, La Estancia, Palo Verde y Carricitos del municipio de Cosalá, por la hospitalidad, apoyo y amistad.

Y a ti, por la oportunidad de estar viva... de vivir la vida!



*Paisaje de la Reserva Ecológica de Nuestra Señora, Cosalá.
Fotografía de Francisco Apodáca*

Dedicatoria

Va con todo el cariño para mi familia, la mejor del mundo, quien ha sido y es mi mayor impulso y fortaleza en todo lo que emprendo; especialmente en este proyecto de vida que hemos compartido conciente y a veces inconcientemente: la conservación de la naturaleza, especialmente de la guacamaya verde y su hábitat. Hermosa ave que ha sido el motivo de satisfacciones, coincidencias, discrepancias, cansancios, alegrías, esfuerzos, aprendizajes, beneficios comunitarios y resultados tangibles; uno de estos muy significativo para mi, la creación de la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora, también conocida como Reserva de la Guacamaya Verde-UAS.

Una dedicatoria especial y con mucho amor va para mis hijas María Fernanda y Mariana Valeria, por su fortaleza, paciencia y entusiasmo; a mi niño Juan Carlos que desde sus primeros años caminó por la Reserva Ecológica y bajo su luz descubrió lo maravillosa que es la naturaleza; nuestra Madre Tierra con sus grandes árboles, ríos, arroyos y animales, en especial los “misteriosos” reptiles. A Carlos mi compañero de vida, por su amor, confianza y apoyo incondicionales. A ellos, por ese convencimiento compartido de hacer algo positivo por nuestro mundo en nuestro paso breve por la vida.

Dedico con cariño y gratitud a quienes ya no están, pero sus recuerdos y alegrías están con nosotros; mis inolvidables abuelas Rosa y Santos, y a la memoria de mis suegros Doña Magui y Don Juan Ayala.

Finalmente, también va para la vida que resguarda los montes, cerros y bosques secos de la serranía sinaloense, hermosos paisajes contrastantes donde la esperanza renace cada año bajo las lluvias del verano y la sonrisa franca de su gente.



INDICE

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS	3
RESUMEN	6
ABSTRAC	7
1 INTRODUCCIÓN	9
1.1 Descripción de la guacamaya verde	10
1.2 Problemática de conservación	10
1.3 Estructura y diversidad de hábitats	14
1.4 Variación espacial y temporal de la guacamaya verde y otros psitácidos	16
1.5 Preferencia y uso de hábitat por la guacamaya verde y otros psitácidos	19
1.6 Requerimientos de anidificación	22
1.7 Objetivos	24
1.8 Hipótesis	25
2 MÉTODOS	26
2.1 Área de estudio	26
2.1.1 Orografía	27
2.1.2 Geomorfología	27
2.1.3 Clima	28
2.1.4 Hidrología	28
2.2 Tipos de vegetación	29
2.3 Sistema de estudio	32
2.3.1 Unidades de muestreo	32
2.3.2 Caracterización del hábitat	34
2.3.3 Variación espacial y temporal de la población de guacamaya verde en Cosalá	36

2.3.4 Preferencias de hábitat	38
2.3.5 Sitios de nidificación y ciclo reproductivo	39
2.3.6 Análisis	40
3 RESULTADOS	41
3.1 Estructura y diversidad vegetal del hábitat de la guacamaya verde en Cosalá	41
3.1.1 Composición florística: familias, géneros y especies	41
3.1.2 Atributos de la vegetación	45
3.1.3 Caracterización de la vegetación en las zonas de ladera y pie de monte	46
3.1.4 Estructura y atributos de la vegetación en los sitios de la zona de ladera	48
3.2 Variación espacial y temporal de la población de guacamaya verde en Cosalá	51
3.2.1 Abundancia de la guacamaya verde en los sitios de ladera y pie de monte	51
3.2.2 Estimación de la abundancia de guacamaya verde en la zona de ladera	52
3.2.3 Abundancia de la guacamaya verde con respecto a su ciclo biológico	58
3.3 Preferencias de hábitat de la guacamaya verde en Cosalá	65
3.3.1 Abundancia de individuos y uso de hábitat	65
3.3.2 Disponibilidad de recursos alimenticios para la guacamaya verde en Cosalá	66
3.3.3 Recursos alimenticios y preferencias de la guacamaya verde	71
3.3.4. Características de hábitat y preferencias de la guacamaya verde	74
3.4 Sitios de nidificación para la guacamaya verde en Cosalá	78
3.4.1 Árboles que constituyen sitios potenciales de nidificación	78
3.4.2 Sitios de anidación en paredones de cerros y parejas reproductivas	79
4 DISCUSIÓN	80
4.1 Estructura y diversidad vegetal del hábitat de la guacamaya verde en Cosalá	80
4.1.1 Composición florística; familias, géneros y especies	80

4.1.2 Atributos de la vegetación	81
4.1.3 Estructura y atributos de la vegetación y caracterización de los sitios ladera	82
4.2 Variación espacial y temporal de la población de guacamaya verde en Cosalá	83
4.2.1 Abundancia de la guacamaya verde en los sitios de ladera y pie de monte	83
4.2.2 Estimación de la abundancia y densidad de guacamaya verde en la zona de ladera	85
4.2.3 Abundancia de la guacamaya verde respecto a su ciclo biológico	87
4.3 Preferencias de hábitat de la guacamaya verde en Cosalá	88
4.3.1 Abundancia de individuos y preferencias de hábitat	88
4.3.2 Disponibilidad de recursos alimenticios y preferencias de hábitat de la guacamaya verde	90
4.3.3 Características del hábitat y preferencias de la guacamaya verde	93
4.4 Sitios de nidificación para la guacamaya verde en Cosalá	95
4.5 Conservación de los bosques tropicales secos en Cosalá	96
5 CONCLUSIONES	100
6 BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	
1 Listado de especies	
2 Características físicas y biológicas de los sitios	
3 Personas entrevistadas	

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1. Ubicación y accesos al área de estudio donde se llevó a cabo el estudio sobre preferencia de hábitat de la guacamay verde (<i>Ara militaris</i>) en Cosalá, México	26
Figura 2. Tipos de vegetación en el área de estudio sobre preferencia de hábitat de la guacamaya verde (<i>Ara militaris</i>) en Cosalá, México	30
Figura 3. Ubicación de las unidades de muestreo en el área de estudio de Cosalá, Sinaloa	34
Cuadro 1. Esfuerzo de muestreo por unidad y tipos de zonas	38
Cuadro 2. Relación de las familias más representadas en Cosalá	42
Cuadro 3. Especies de árboles más comunes en Cosalá	43
Figura 4. Número de individuos de las especies arbóreas más abundantes en la zona de ladera en Cosalá	44
Figura 5. Número de individuos de las especies arbóreas más abundantes en la zona de pie de monte en Cosalá	44
Cuadro 4. Riqueza de especies arbóreas e índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') para cada una de las unidades de monitoreo	45
Cuadro 5. Valores obtenidos del análisis de discriminantes para las unidades de ladera y pie de monte en Cosalá	46
Cuadro 6. Correlaciones entre las variables de los árboles de las unidades de ladera y pie de monte y las funciones discriminantes. Las variables se ordenaron por la magnitud de su correlación	47
Cuadro 7. Atributos de la vegetación y características físicas de las unidades en laderas en Cosalá	48
Cuadro 8. Índice de Valor de Importancia en base al área basal	49
Cuadro 9. Índice de Valor de Importancia en base a la cobertura foliar	49

Cuadro 10. Registro de los número de categorías (solitario, parejas y grupos) e individuos observados en los sitios de ladera y pie de monte en Cosalá	52
Figura 6. Distribución de las categorías registradas a lo largo del día en el ciclo 1998-1999 en Cosalá	54
Cuadro 11. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis aplicado a ambos métodos de monitoreo durante el ciclo anual 1998-1999. No hay diferencias significativas	55
Cuadro 12. Número máximo de guacamaya verde registrado por sitio, mes y método	56
Figura 7. Registro del número máximo guacamayas observadas en los sitios de ladera a lo largo del ciclo anual de mayo 1998 a marzo 1999	57
Cuadro13. Ciclo reproductivo de la guacamaya verde durante el ciclo 1998-1999 en Cosalá, Sinaloa, México	59
Cuadro 14. Cuadro 14. Número de guacamayas verdes registradas en las dos etapas de su ciclo de vida en Cosalá Sinaloa durante el periodo de 1998-1999	60
Cuadro 15. Número de individuos en total, y promedio observados por época	61
Figura 8. Frecuencia de categorías o grupos de avistamientos de Guacamaya verde por temporada en Cosalá	62
Figura 9. Distribución de las frecuencias de categorías a lo largo del año	63
Cuadro 16. Promedios de individuos observados por época	64
Figura 10. Número de individuos registrados en Cosalá; las primeras cinco unidades corresponden a la zona de ladera y el resto a la zona de pie de monte	65
Cuadro 17. Abundancia de árboles que proporcionan recursos alimenticios a la guacamaya verde en Cosalá	67
Figura 11. Riqueza y abundancia de los recursos alimenticios en Cosalá registradas en el ciclo 1998-1999	69

Cuadro 18. Temporadas de fructificación de las especies vegetales que constituyen los recursos disponibles para la guacamaya verde en Cosalá	70
Figura 12. Disponibilidad de árboles fructificando y abundancia de guacamaya verde en el ciclo de mayo de 1998 a marzo de 1999 en Cosalá, Sinaloa	72
Figura 13. Relación entre la abundancia de guacamaya con respecto a la disponibilidad de árboles que proporcionan recursos alimenticios al periodo de mayo de 1998 a marzo de 1999	73
Cuadro 19. Valores obtenidos del análisis de discriminantes para las unidades de ladera en Cosalá	74
Cuadro 20. Correlaciones entre las variables de los árboles de las unidades de ladera y las funciones discriminantes. Las variables se ordenaron por la magnitud de su correlación entre las funciones	75
Figura 14. Disponibilidad de recursos alimenticios para la guacamaya verde en los sitios de ladera en Cosalá durante el ciclo 1998-1999	77
Cuadro 21. Comparación de los árboles del bosque tropical seco que representan recursos de anidación para la guacamaya verde en dos sitios de la vertiente del Pacífico	78

RESUMEN

La guacamaya verde (*Ara militaris*) es una especie en peligro de extinción, la distribución de sus poblaciones en México se encuentra fragmentada y amenazada por la destrucción de su hábitat. Esta investigación evaluó la presencia y posible asociación de una población de guacamaya verde a la disponibilidad de recursos vegetales y estructurales en los bosques tropicales secos del municipio de Cosalá, Sinaloa. Se evidenció que la distribución local y abundancia temporal de la especie muestra variaciones, influida por las características del hábitat, específicamente por la pendiente del terreno (accesibilidad), la estructura vegetal y composición de especies que se correlacionan con el grado de conservación. La diversidad vegetal registrada es alta y se equipara con otros bosques tropicales secos conservados de México y Sudamérica. Mediante transectos de 100 m² se registró hasta 88 especies de árboles de 66 géneros y 39 familias. Las familias con mayor número de especies fueron Mimosaceae, Moraceae, Fabaceae y Euphorbiaceae, entre estas se ubican importantes recursos alimenticios. Durante los primeros meses del año la guacamaya verde se alimenta en el bosque subcaducifolio donde forrajea en seis especies de árboles, resaltando el consumo de frutos de *Hura polyandra*, *Brosimum alicastrum*, *Ficus mexicana* y *F. glaucescens*; y en el bosque tropical seco están *Maclura tinctoria*, *Lysiloma microphyllum* y *L. acapulcensis*. El ciclo reproductivo de la guacamaya verde en la región abarca desde abril hasta septiembre. Las parejas anidan en cavidades de paredones, no se encontró nidos en árboles. Para conocer la abundancia espacial y temporal de la especie se efectuaron muestreos mediante conteos sistemáticos en transectos y conteos desde estaciones de observación (puntos de radio fijo). Noviembre fue el mes con la mayor abundancia registrada en los conteos (93 guacamayas), y cuando se observó la parvada mas grande con 39 individuos, estimándose una densidad aparente de 0.78 individuos/km² para el ciclo 1998-1999. Dentro del área estudio se ubica la Reserva

Ecología El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, bajo la administración de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

ABSTRAC

The military macaw (*Ara militaris*) is a species in danger of extinction, the distribution of their populations in Mexico is fragmented and threatened by the destruction of their habitat. This research evaluated the presence and possible association of a population of macaw to the availability of vegetables and structural resources in dry tropical forests in the municipality of Cosalá, Sinaloa. Showed that the local distribution and temporal abundance of the species shows variations, influenced by the characteristics of the habitat, specifically by the slope of the land (accessibility), vegetation structure and composition of species that correlate with the degree of conservation. Registered plant diversity is high and is equated with other preserved dry tropical forests of Mexico and South America. Using transects of 100 m² were recorded up to 88 species of trees to 66 genera and 39 families. Families with the largest number of species were Moraceae, Fabaceae, Mimosaceae and Euphorbiaceae, among these important food resources are located. During the first months of the year the Macaw is fed into the subcaducifolio forest where it forages in six species of trees, highlighting the consumption of fruits of *Hura polyandra*, *B. alicastrum*, *Ficus mexicana* and *F. glaucescens*; and in the dry tropical forest are *Maclura tinctoria*, *Lysiloma microphyllum* and *L. acapulcensis*. The reproductive cycle of the military macaw in the region ranges from April to September. Couples nest in cavities of walls, not found nests in trees. To know the spatial and temporal abundance of species sampling through systematic in transect counts and counts were made from observation (points of fixed radio) stations. November was the month with the greatest abundance recorded in counts (93 macaws), and when

the flock is watched more with 39 individuals, estimating a bulk density of 0.78 individuals/km² for the ciclo1998-1999. The reserve ecology El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, is located within the area study under the administration of the Autonomous University of Sinaloa.

1 INTRODUCCIÓN

La pérdida acelerada de hábitats naturales a consecuencia del avance de la fragmentación y transformación antropogénica ha llevado a muchos investigadores a centrar su atención en el estudio de poblaciones de aves en peligro de extinción del neotrópico y sus hábitats (Arizmendi, 2008; Ríos-Muñoz y Navarro-Sigüenza, 2009; Monterrubio-Rico *et al.*, 2010; Marín *et al.*, 2012; Rivera *et al.*, 2013). Las investigaciones sobre demografía, genética de poblaciones, distribución y uso de hábitat de especies vulnerables son frecuentes, teniendo entre sus metas proporcionar el conocimiento científico que ayude a definir *estrategias* de conservación que garanticen su existencia a corto, mediano y largo plazo (Kattan, 1992; Velázquez y Heil, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Osorno *et al.*, 2000; Petit y Petit, 2003; Sigel *et al.*, 2006; Marín *et al.*, 2012; Rivera *et al.*, 2013).

Entre las aves más amenazadas de los trópicos de América y del mundo se encuentran la familia Psittacidae, grupo integrado por 356 especies de pericos, loros, guacamayas y cacatúas (Forshaw, 2006) de las cuales 90 han sido catalogadas en riesgo de extinción global (Collar *et al.* 1994; Juniper y Parr, 1998). En México se registran veintidós especies de psitácidos (Peterson y Chalif, 1989; Howell y Webb, 1995; Juniper y Parr, 1998; Macías *et al.*, 2000; Forshaw, 2006), las cuales se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana de Ecología (NOM-059-SEMARNAT, 2010) bajo las siguientes categorías: el 33.3% en peligro de extinción, el 44.4% amenazadas, y el 22.2% bajo protección especial (DOF, 2010) esto resultado de la pérdida de sus hábitats y comercio al que han sido sujetos históricamente (Cantú *et al.*, 2007). Ante esta situación que ha impactado negativamente las poblaciones de guacamaya verde así como el resto de los psitácidos de México, la Ley General de Vida Silvestre que en su artículo 60 Bis señala “ningún ejemplar de ave correspondiente a la familia *Psittacidae* o psitácido, cuya distribución natural sea dentro del territorio nacional, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo con fines

de subsistencia o comerciales” esto con el propósito de que las poblaciones se recuperen (DOF, 2008).

El estudio de las características del hábitat, particularmente sobre la vegetación ha generado información que permite visualizar y establecer patrones entre sus componentes y la presencia y abundancia de aves (Mueller y Ellenberg 1974; Ratti y Garton 1997). Esta situación también se ha evidenciado en el grupo de psitácidos, donde los estudios de riqueza y abundancia han arrojado una estrecha relación entre la estructura y características de conservación de los bosques y la presencia de estas aves, encontrándose más individuos en aquellos más conservados (Morales, 2005; Carreón, 2006, Rivera et al., 2013; Rivera, 2014). A partir de estas premisas surgió el interés de describir las características y condiciones del hábitat de la guacamaya verde en los bosques del noroeste de México, particularmente en Cosalá, donde fue posible identificar dos ambientes, la ladera y el pie de monte; el primero se identificó como un área conservada por la extensión de su cobertura forestal y su mayor riqueza florística y por el contrario, los pie de monte fueron sitios con alto impacto antropogénico.

1.1 Descripción de la guacamaya verde

La guacamaya verde (*Ara militaris*) es una especie que tiene una distribución amplia pero fragmentada, se encuentra desde el norte de México hasta Argentina (Forshaw, 2006). En nuestro país su presencia se registra en altitudes que van de los 500 a 1500 msnm, habita principalmente en los bosques tropicales secos y se tienen registros en bosques de pino y encino. En México ocurre en los estados de la vertiente del Pacífico, desde Sonora hasta Oaxaca; al este en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro y en el Estado de México (Friedman *et al.*, 1950; Griscom, 1950; Peterson y Chalif, 1994; Howell y Webb, 1995; Marín *et al.* 2012).

Los ejemplares miden entre 685 a 760 cm de la cabeza hasta la punta de la cola, tienen cara desnuda y blanca, con pequeñas plumas rojas y negras formando líneas faciales. Los sexos son similares, con plumaje verde brillante y frente color rojo. La cola es larga con plumas rectrices rojas y azules turquesa. La rabadilla y las plumas remiges primarias y secundarias color azul turquesa por la parte posterior. Cuando los individuos vuelan, se observa el amarillo metálico de la parte inferior de la cola y rémiges (Peterson y Chalif, 1994; Howell y Webb, 1995; Forshaw, 2006).

La guacamaya verde se alimenta bajo una dieta especializada de frutos y semillas de los bosques tropicales secos (Contreras *et al.*, 2009). Algunos estudios han estimado que sólo el 5% de especies arbreas del bosque tropical caducifolio y subperenifolio le ofrece recursos alimenticio (Loza, 1997); en los bosques de Cosalá se encontró que 12 de 63 especies arbóreas identificadas constituyen recursos alimetncios alimenticios para la guacamaya verde y otros psitácidos (Rubio *et al.* 2013). Las principales familias de plantas que componen su dieta, son Euphorbiaceae, Mimosaceae, Leguminoseae, Burseraceae, Moraceae y Sapotaceae (Loza, 1997; Morales, 2005; Rubio *et al.* 2007; Rivera, 2014). La temporada de reproducción de la guacamaya verde es variada dependiendo de la latitud, en el noroeste del país la puesta de huevos sucede a principios de abril o mayo (Rubio, obs. pers.); al centro sucede entre diciembre y enero (Carreón, 1997) y hacia el sur de su distribución ocurre en junio y julio (Rivera-Ortiz *et al.* 2008). La especie anida en oquedades de árboles o en paredes calcáreas de cañones y acantilados (Carreón, 1997; Macías *et al.*, 2000; Reyes, 2007; Rivera, 2008). Ponen de uno a tres huevos que eclosionan de los 23 a los 25 días y los pollos permanecen en el nido hasta 137 días. Los volantones de noventa días realizan sus primeros vuelos y se supone que permanecen con los padres casi un año. Los individuos llegan a la edad reproductiva entre los tres o cuatro años, forman parejas estables y se reproducen anualmente (Iñigo, 2000; Rubio, obs. pers.).

1.2 Problemática de conservación

El comercio ilegal de vida silvestre es una de las causas que origina la pérdida de especies silvestres lo cual demanda el tráfico anual de millones de plantas y animales (Rosser y Mainka 2002, Blundel y Mascia 2005; Cantú *et al.* 2007). En México el comercio de guacamayas tiene sus orígenes en la época prehispánica, pero el aprovechamiento se intensificó durante el siglo XX; que adicionado a la fragmentación de los hábitats naturales, ha propiciado que las poblaciones silvestres se reduzcan drásticamente. Así la guacamaya verde ha sido catalogada en la lista de especies peligro de extinción en Mexico (DOF, 2002), además a nivel internacional esta considerada en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (www.iucnredlist.org) y en la Convención sobre el comercio Internacional de especie amenazadas de Flora y Fauna silvestre (CITES 2011; www.cites.org).

Aún cuando el aprovechamiento comercial de las veintidós especies de psitácidos mexicanos está prohibido (DOF, 2008), México ha sido considerado uno de los diez exportadores de psitácidos en el mundo. El estado de Sinaloa es uno de los principales lugares donde se han extraído especímenes de la naturaleza y se han comercializado a nivel local, regional e internacional (Cantú *et al.*, 2007). La compra-venta de estas aves, históricamente no se ha dado bajo esquemas legales y como resultado las poblaciones silvestres se han reduciendo, a tal grado que se corre el riesgo de perder especies a nivel local, como la guacamaya verde (Iñigo y Ramos 1991, Cantú *et al.*, 2007).

Otro factor de presión sobre la guacamaya verde es la destrucción de su hábitat natural. En particular, el bosque tropical seco ha sido sujeto a más modificaciones para dar lugar a zonas de cultivo, pastoreo, explotación minera y de asentamientos humanos lo que ha reducido la distribución original de la guacamaya verde en México (Janzen, 1986; Maass, 1995; Fajardo *et al.*,

2005; CONABIO, 2006; Ríos-Muñoz y Navarro-Sigüenza, 2009; Trejo, 2010). Desde hace más de diez años la tasa promedio anual de deforestación de los bosques tropicales secos en México es de 2.02% (Maser *et al.*, 1997; SEMARNAT, 2005), teniendo como resultado la reducción de su distribución original a un 74% aproximadamente (CONABIO, 2006; Trejo, 2010). Otras estimaciones más drásticas señalan que los bosques tropicales secos ocupan en la actualidad el 11.26% del territorio nacional, este porcentaje comprende 7.93 millones de hectáreas en condición primaria y 14.19 millones perturbadas (Challenger y Soberón, 2008; Sarukhán *et al.*, 2009). Con esta destrucción de bosques se pierden sitios importantes para el forrajeo, percha y refugio de los psitácidos en México (Iñigo y Ramos, 1991; Iñigo, 2000; Macías *et al.*, 2000). Ríos-Muñoz y Navarro-Sigüenza (2009) señalan que la guacamaya verde perdió el 28.5% de su hábitat disponible, y Monterrubio-Rico *et al.* (2010) indicaron que la especie fue extirpada en la costa del Pacífico mexicano, particularmente en Michoacán, Guerrero y Oaxaca) y más allá de los 400 msnm su distribución disminuyó un 16% .

En Sinaloa las actividades agropecuarias han incidido severamente en la reducción de los bosques tropicales secos (Rubio y Beltrán, 2003). El estado cuenta con poco más de dos millones de hectáreas de bosques tropicales secos que representa un 35% del territorio estatal. De este porcentaje, el 70% (1,423,254 hectáreas) ha sido modificado y/o deteriorado por las actividades agropecuarias y el 12% (243,986 hectáreas) ha sido dañadas por incendios provocados por las actividades humanas (SEMARNAT, 2002; Rubio y Beltrán, 2003).

Por otro lado, la guacamaya verde enfrenta factores de presión propios de su especie, como su largo ciclo reproductivo que se necesita al menos de cinco años en llegar a la etapa reproductiva, baja tasa reproductiva anual (1-3 huevos/año), lento crecimiento de los pichones y larga permanencia en el nido (entre 91 y 122 días), además de requerimientos específicos de sitios

de anidación y de recursos alimenticios (Carreón, 1997; Loza, 1997; Macías *et al.*, 2000; Contreras *et al.*, 2007; 2009; Reyes, 2007; Rivera *et al.*, 2007, 2008, 2013; Bonilla *et al.*, 2014; Rivera, 2014).

En el centro y sur de México se han hecho estudios sobre la distribución geográfica actual, requerimientos de hábitat, biología reproductiva y el estado poblacional de la guacamaya verde (Carreón, 1997; Loza, 1997; Macías *et al.*, 2000; Monterrubio, 2003; Morales, 2005; Rivera *et al.* 2008, 2013; Contreras *et al.* 2009; Marín *et al.* 2012; Rivera, 2014), pero es necesario tener un conocimiento más preciso sobre la distribución y la abundancia de las poblaciones de guacamaya verde en otras áreas, como Sinaloa.

1.3 Estructura y diversidad de hábitats

Los bosques tropicales secos, caducifolio y subcaducifolio, conforman los hábitat donde la guacamaya verde desarrolla su ciclo de vida en México (Carreón, 1996; Loza, 1997; Rubio, 2001; Morales, 2005; Reyes, 2007; Rivera *et al.*, 2013). Sin embargo, la vegetación original se ve reducida, sólo quedan 68,500 km² de bosques caducifolios y 7,000 km² de subcaducifolios, lo que corresponde a 30% y 18% respectivamente (Trejo y Dirzo, 2000; Trejo 2010). El estudio de las poblaciones silvestres de fauna a lo largo de un paisaje, puede indicar qué hábitats proveen las condiciones más favorables para la sobrevivencia de los individuos (Velázquez y Heil, 1996). La estructura de la vegetación junto con la humedad o el relieve pueden variar y producir parches o hábitat específicos, cuando esto ocurre a escalas distintas, la riqueza de especies y la abundancia puede ser muy distinta al interior de ellos, presentando atributos que pueden variar de un hábitat a otro (Cody, 1985; Greenberg *et al.*, 1997; Sigel *et al.*, 2006). La tendencia a considerar sólo a las especies silvestres como la unidad principal de estudios está siendo rebasada por aquélla que integra al hábitat también como objeto de estudio (Renton y Melgoza, 2002; Martínez, 1999;

Morales, 2005). Los especialistas en manejo y conservación reconocen la necesidad de dirigir acciones hacia las especies altamente vulnerables y sus hábitats, siendo estos últimos no necesariamente prístinos, como lo señalan Petit y Petit (2003).

El hábitat puede imponer restricciones a los individuos de una población, hecho que puede observarse en la distribución espacial que presentan como resultado de la disponibilidad de recursos de sobrevivencia; se ha evidenciado que la disponibilidad de recursos alimenticios o la fenología de la producción de frutos ejerce influencia sobre los movimientos migratorios que hacen algunas aves en los ambientes templados de Chiapas, como el quetzal (*Pharomachrus mocinno*) (Solórzano *et al.*, 2000) y el loro corona lila (*Amazona finschi*) en los bosques tropicales secos de Jalisco (Salinas, 2003; Renton, 2001); ambas realizan movimientos altitudinales siguiendo la producción de frutos.

Se ha documentado que el éxito de apareamiento está relacionado con la fragmentación del hábitat, situación que limita a los individuos de una población al incidir negativamente sobre su capacidad de encontrar pareja o emigrar (Lampila *et al.*; 2005). Estudios históricos evidencian que al transformar los hábitats naturales, cambia también la estructura de la comunidad florística y faunística; Sigel *et al.* (2006) demostraron que la comunidad de aves en la estación biológica La Selva, en Costa Rica, (1,611 ha) cambió durante los últimos cuarenta años debido a la deforestación en las áreas circundantes. Entre las aves más afectadas que disminuyeron en abundancia están el grupo de las especialistas del dosel, cuya dieta se basa en frutos y/o semillas y los insectívoros. El factor ecológico más importante en la definición de la estructura de la comunidad, según los mismos autores, fue la disponibilidad de los recursos alimenticios. La guacamaya verde es un ave característica del dosel de los bosques tropicales estacionales; el buen grado de conservación de los mismos es fundamental para que lleve a cabo su ciclo vital

(Carreón, 1997; Renton, 2001; Morales, 2005; Contreras *et al.*, 2009; Rivera *et al.* 2013; Bonilla *et al.*, 2014; Rivera, 2014).

En el estado de Jalisco se han llevado a cabo diversas investigación que han evidenciado la ocupación de nidos en árboles de sus bosques tropicales subcaducifolios; Carreón (1997) analizó el hábitat de la guacamaya verde y su abundancia en La Presa, Cajón de Peña encontró que su distribución y anidación están estrechamente ligada a la selva mediana y a sus condiciones de conservación. Investigaciones recientes en la misma región refuerzan lo anterior, De la Parra-Martinez *et al.* (2015) evidencia la importancia del *Enterolobium cyclocarpum* y cuatro especies más como sitio de anidación; y Bonilla *et al.* (2014) encontraron nidos en árboles de *Piranhea mexicana*. Los recursos alimenticios que proporciona esta vegetación son vitales para el ave que solo utiliza frutos y semillas de seis especies, entre ellas el haba (*Hura polyandra*), el apomo (*Brosimum alicastrum*) y la ceiba (*Ceiba pentandra*) (Loza, 1997; Contreras *et al.*, 2009; Muñoz-Lacy, 2014).

El monitoreo continuo de los ambientes genera información base para tomar decisiones de conservación (Arizmendi, 2008; Rivera *et al.*, 2013). Como se ha visto, algunas variables como la disposición de recursos alimenticios puede explicar el estatus o las fluctuaciones de individuos, por lo que esta investigación contempló generar información de las condiciones del hábitat para la guacamaya verde, incluyendo la disponibilidad alimento, en un bosque tropical seco en Sinaloa.

1.4 Variación espacial y temporal de la guacamaya verde y otros psitácidos

La evaluación continua de atributos de una población puede establecer medidas de comparación como indicativos del estatus o cambios en parámetros poblacionales que pueden ayudar a tomar decisiones de manejo y conservación de las poblaciones silvestres. El número de individuos de la guacamaya verde es uno de los principales atributos poblacionales que interesa, pero estimarlo no

es tan sencillo debido a la gran capacidad de movimiento de los grupos de guacamaya verde, los cuales pueden moverse más de 20 km diariamente (Carreón, 2006; Gaucín, 2000). Sin embargo, usar el comportamiento de los individuos, como sus patrones de actividad diurna y estacional o la tendencia filopátrica de las crías y los adultos, pueden ser útiles para las estimaciones poblacionales (Osorno *et al.*, 2000). Ortiz (2000) encontró que la cotorra serrana oriental (*Rhynchopsitta terrisi* Moore) durante la temporada reproductiva de 1999 se desplazó en un promedio de 23.6 kilómetros diarios; Salinas (2003) en su investigación en un bosque seco de la costa de Jalisco halló que el loro corona lila (*Amazona finschi* (Sclater)) lleva a cabo desplazamientos altitudinales de hasta 42 km en mayo y junio buscando recursos alimenticios (Renton, 2001). Existen algunos factores que hacen difícil el estudio de las poblaciones de pericos, loros y guacamayas en los bosques tropicales, la mayoría de los psitácidos se alimentan y anidan en el dosel, lo que dificulta su registro y conteo por su coloración críptica y la falta de visibilidad de los individuos o grupos (Lee y Marsden, 2012).

Investigaciones sobre la dinámica poblacional de *A. militaris* en el Estado de Jalisco han contribuido al conocimiento de algunos patrones biológicos y ecológicos que reflejan la vulnerabilidad de la especie; por ejemplo, su baja tasa reproductiva anual ya que sólo ponen de 1 a 3 huevos/año (Carreón, 1997). La estimación poblacional llevada a cabo por Carreón (1997) fue de 91 individuos en un área aproximada de 600 km² que integra la Presa Cajón de Peña y sus alrededores en Jalisco. En el mismo sitio y año, durante la época reproductiva Loza (1997) registró los picos más altos de densidad de la especie con 6.8 individuos por hectárea. Otros datos interesantes son los de Rivera *et al.* (2008), quienes cuantificaron en un sitio de dormidero 67 guacamayas verdes en el Cañón de Sabino en Oaxaca. En Querétaro Gaucín (2000) reportó 77 guacamayas congregadas en el Sotano del Barro, en Querétaro; y recientemente, en el mes de

enero de 2014 se logró cuantificar más de 250 guacamayas verdes en un dormitorio ubicado al sur de estado de Sinaloa, en la región de Mesillas, Concordia (obsv. pers.).

Estudios de demografía de psitácidos han evaluado la influencia de algunas variables ecológicas sobre los cambios demográficos, entre ellas están la disponibilidad de alimentos, los requerimientos de sitios de anidación (Brightsmith, 2005), los cambios estacionales y las características del hábitat (Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2008; Lee y Marsden, 2012). Rivera *et al.* (2008), encontraron que las poblaciones de guacamaya verde que habitan ambientes semi áridos del estado de Oaxaca, al centro de México, se reproducen entre los meses de marzo a septiembre y anidan en acantilados, a diferencia de lo reportado por Carreón (1997) quien señala que la temporada reproductiva contempla los meses de octubre a febrero y anida árboles de los bosques tropicales subcaducifolios del Jalisco (De la Parra-Martínez *et al.*, 2015); de acuerdo a los investigadores estas diferencias al parecer están en función de la disponibilidad de alimento. Investigaciones en Centroamérica han evidenciado como cambia la abundancia de las especies cuando las condiciones de sus hábitats son aclarado, se encontró que de 236 especies, 24 aumentaron y 25 disminuyeron; de estas últimas por lo menos el 50% tenía una dieta insectívora, y las especies que aumentaron fueron las de hábitos generalistas que tienen la capacidad de habitar espacios modificados (Sigel *et al.*, 2006).

Disponer de datos sobre el tamaño de las poblaciones de especies en riesgo es básico para fines de manejo y conservación, en esta investigación se contempló llevar a cabo censos mensuales de la guacamaya verde con el propósito de estimar su abundancia a través de un ciclo anual en los bosques tropicales secos de Cosalá.

1.5 Preferencia y uso de hábitat por la guacamaya verde y otros psitácidos.

El ciclo de vida de una especie está sujeto a la selección natural y a las características del hábitat (Begon *et al.*, 1999), entendiéndose por hábitat el conjunto de factores físicos y biológicos que combinados identifican el área donde un animal vive (Partridge, 1978). La preferencia de hábitat por parte de un organismo, es el proceso que contempla la elección de un lugar para establecerse o para vivir (Partridge, 1978; Hutto, 1985; Alcock, 1993). Sin embargo, esto no implica que dicha elección sea consciente o que el individuo haga una evaluación crítica de los factores que lo conforman. La elección generalmente es una reacción automática a ciertos aspectos claves del ambiente (Partridge, 1978; Huntingford, 1984; Drickamer y Vessey, 1992).

Para un ave u otro organismo, el proceso de selección de hábitat puede ser de carácter adaptativo, ya que si es capaz de decidir en función de la calidad ambiental y si esta capacidad es heredable, transmisible socialmente o aprendida, se podría garantizar la permanencia de los individuos en el ambiente (Partridge, 1978). Existen estudios que evidencian la capacidad de las aves para discernir entre opciones ambientales, por ejemplo, Greenberg *et al.* (1997) en una investigación realizada en plantaciones cafetaleras en Guatemala, demostraron que la abundancia de aves con respecto a las comunidades vegetales estaba en función de la altura y composición del dosel. Thiollay (1992) consideró a los psitácidos, entre las especies frugívoras tropicales, como especies indicadoras del equilibrio ambiental; es decir, especies cuya presencia y abundancia es considerada una medida que permite evaluar condiciones de un hábitat específico.

Los psitácidos de talla grande son selectivos con respecto a las características de conservación y estructura de sus hábitats; investigaciones sobre la cacatúa crestada (*Cacatua moluccensis*), especie endémica de las Islas Molucas en Indonesia, han evidenciado que sus poblaciones se distribuyen en hábitats conservados o poco perturbados (Marsden, 1992) y con la presencia de árboles que potencialmente representan espacios de anidación (Kinnaird *et al.* 2003).

Las poblaciones de especies de psitácidos forman ensamblajes interesantes, diversas investigaciones en la región de Nueva Guinea han demostrado un uso de hábitat diferido en loros y cacatúas de dicha región (Marsden y Pilgrim, 2003; Marsden y Symes, 2006). En tanto que algunas especies son abundantes otras son escasas en función de la disponibilidad de sus recursos alimenticios y de anidación en bosques primarios y con tala selectiva. La cacatúa ojos azules (*Cacatua ophthalmica*) y el calao (*Rhyticeros plicatus*) son más abundantes en bosques primarios, por el contrario, el loro ecléctico (*Eclectus roratus*) es más abundante en ambientes modificados por los humanos donde la disponibilidad de alimento es mayor. Marsden y Pilgrim (2003) afirman que esta disponibilidad de alimento permite que loros y calaos sobrevivan, incluso que aumenten la densidad de la población aún cuando las tasas de reclutamiento son bajas. En otro estudio similar, Marsden y Symes (2006), encontraron que las poblaciones de loros y cacatúas en Papua Nueva Guinea se encontraron asociadas a las características de los bosques, algunas especies están claramente asociadas a bosques primarios como *Chamosyna pulchella* o *Micropsilla pusio*, otras son generalistas como la *Cacatua galerita* cuyos grupos poblacionales se registraron tanto en bosques primarios como en aquellos que han sido intervenidos por el hombre, como cultivos.

Los estudios de psitácidos en las regiones de neotropicales también han evidenciado preferencias de hábitat; Morales (2005) en su investigación realizada en la costa de Jalisco encontró que seis especies de psitácidos presentaron variaciones espaciales en el uso de hábitat. Particularmente, el 93% de la población local del loro corona lila fue observado utilizando recursos alimenticios del bosque conservado deciduo y semideciduo, mientras que la guacamaya verde se relacionó fuertemente con los bosques subperennifolios seleccionando sólo aquellos conservados para desarrollar sus actividades diarias de forrajeo y percha.

Salinas (2003) reportó que los loros corona lila tienen preferencia por el bosque tropical subcaducifolio conservado, evitando zonas deforestadas con disponibilidad de recursos

alimenticios restringida. Se demostró que los loros utilizan diferencialmente el hábitat: los cerros o lomas son usados como sitios de descanso y bajan a los arroyos y valles a forrajear. Definiendo las preferencias de una especie por un hábitat, será posible llevar a cabo acciones que contribuyan a asegurar su presencia en la naturaleza (Anderson y Gutzwiller, 1997).

La investigación desarrollada por Iñigo (1996) en la selva alta de Chiapas con la guacamaya roja (*Ara macao* Linné), también evidencia que los árboles de *Ceiba pentandra*, *Schizolobium parahybum* y *Vatairea lundelli* son las especies preferidas para establecer los nidos. Aun cuando los árboles se encontraban en espacios perturbados, eran ocupados por la guacamaya roja. Al parecer esto se daba en base a dos características fundamentales, la altura y la consistencia de la madera, pues las aves estaban utilizando los árboles más grandes (≥ 33 m. de altura) y de madera más blanda (*C. pentandra* y *S. parahybum*).

Rivera *et al.* (2008) hicieron una comparación entre ocho entidades del México, la mayoría ubicados en la vertiente del Pacífico, desde Sonora hasta Oaxaca, integrando también a Tamaulipas en la región del Golfo de México y Querétaro en el centro del país; demostrando que la distribución de la guacamaya verde tiene estrecha relación entre la disponibilidad de recursos; demostraron que las poblaciones ocurren en bosques tropicales secos donde la estructura vegetal es compleja, diversa y con un dosel que va desde los 10 m hasta superar los 27 m de altura. En la composición florística de los sitios resaltan los géneros *Brosimum*, *Cyrtocarpa*, *Celtis*, *Hura*, *Quercus*, *Bunchosia*, *Lysiloma* y *Bursera*, que representan los principales recursos alimenticios y de anidación (Rivera, 2014).

1.6 Requerimientos de anidación

Las cavidades o espacios de nidificación proporcionan a las aves importantes ventajas, tales como amortiguamiento de las temperaturas extremas (Joy, 2000), bajo riesgos de depredación de nidos y tasas altas de reproducción comparadas con los sitios abiertos (Martin 1995). Saunders *et al.* (1982), Holle (1991) y Pérez y Eguiarte (1989) han resaltado la importancia de las cavidades de los árboles como recursos para la fauna silvestre, ya que proveen de sitios seguros para el refugio y la reproducción de un amplio grupo de especies alrededor del mundo. Saunders *et al.* (1982), demuestran que la mayoría de psitácidos de Australia, 47 especies de 53, ocupan nidos en árboles. En las isla Seram Indonesia, la abundancia de la cacatúa (*Cacatua moluccensis*) esta asociada a la presencia de grandes árboles que le proporcionan cavidades para los periodos de reproducción; la pérdida de los bosques primarios por el aprovechamiento forestal pone en riesgo la conservación de este psitácidos endémico (Kinnaird *et al.* 2003).

Monterrubio y Escalante (2006) determinaron que las aves terrestres residentes de México, el 12% (81 especies) dependen totalmente de cavidades para su reproducción. De la familia *Psittacidae*, 16 de las 22 especies son ocupantes obligados de cavidades para su reproducción, entre ellas están las guacamayas verde y roja (Monterrubio y Escalante, 2006). Es decir, dependen totalmente de la disposición de las cavidades en el ambiente para su reproducción, como es el caso de las dos guacamayas mexicanas, la verde y la roja (Baker, 1958; Carreón, 1997; Monterrubio y Escalante, 2006).

La importancia de la disponibilidad de sitios para la anidación en guacamayas, también se ilustra en el hecho de que sólo del 10 al 20% de la población de la Guacamaya Roja Alas Verde (*Ara chloroptera*) que hábita Sudamérica intenta reproducirse debido a la escasez de nidos (Holle, 1991). Carreón (1997) evidencio el uso de cavidades en árboles de *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia chrysantha* y *Bursera simaruba*, con características en promedio de 16 m de altura y 68

cm de diámetro a la altura de pecho. De la Parra-Martínez *et al.* (2015) demostraron que la guacamaya verde en bosques deciduos y semideciuds selecciona entre 6 especies de árboles para anidar, entre las que sobresale el *Enterolobium cyclocarpum*. Bonilla *et al.* (2014) encontraron tres parejas anidantes en un mismo árbol de *Piranhea mexicana*. Otros autores han reportado que las guacamayas verdes seleccionan y usan cavidades en riscos para su reproducción lo que confiere ventaja como amortiguamiento de las temperaturas extremas (Joy, 2000), bajo riesgos de depredación de nidos y tasas altas de reproducción comparadas con los sitios abiertos (Martin 1995).

Las presiones que han enfrentado las poblaciones silvestres de la guacamaya verde por el saqueo de sus nidos y su sobre explotación en el mercado de mascotas, más la fragmentación y destrucción de sus sitios de anidación y alimentación, pone en riesgo la viabilidad biológica de la especie (Wright *et al.*, 2001; Cantú *et al.*, 2007). El interés de conocer los sitios de anidación, las características de los nidos y el tiempo de reproducción de la guacamaya verde en Cosalá, se basa en principios conservacionistas. Es necesario conocer la disponibilidad y las características de los espacios de reproducción de esta especie, esta información brinda el conocimiento sobre los requerimientos ecológicos de la guacamaya verde con respecto a sus necesidades para llevar a cabo su ciclo biológico; teniendo este conocimiento se pueden dar las bases para el desarrollo de estrategias de conservación más específicas o dirigidas a los bosques tropicales secos de Sinaloa y de otros sitios afines que permitan ampliar las oportunidades de sobrevivencia de la especie (Iñigo, 1996; Monterrubio y Escalante, 2006; Rivera *et al.*, 2013.).

1.7 Objetivos

Objetivo general

Estimar la abundancia relativa y los requerimientos de hábitat de la guacamaya verde en el municipio de Cosalá, Sinaloa, México.

Objetivos específicos

- Conocer las características de la estructura y diversidad vegetal del hábitat de la guacamaya verde en Cosalá.
- Describir los patrones de abundancia espacial y temporal de la guacamaya verde en relación con su hábitat.
- Documentar la preferencia de hábitat de la guacamaya verde durante un ciclo anual en Cosalá.
- Determinar la distribución espacial de los sitios reales y potenciales de nidificación en el área de estudio.

1.8 Hipótesis

Hipótesis 1

Se espera encontrar variación temporal y espacial en la abundancia de la guacamaya verde asociada a la marcada estacionalidad del hábitat, y requerimientos estacionales y ecológicos de la temporada reproductiva, disponibilidad de alimento y de sitios de anidación. Los bosque tropicales secos, caducifolios y subcaducifolios, presenta una mayor riqueza y abundancia de especies arbóreas que son clave para la alimentación, percha y anidación de la guacamaya verde; esto con respecto a otros tipos de vegetación presentes el área.

Hipótesis 2

La guacamaya verde usará el bosque tropical subcaducifolio de ladera con mayor frecuencia que el bosque tropical caducifolio y encinar, a pesar de diferencias en disponibilidad de cada tipo de vegetación en el área de estudio, ya que este tipo de vegetación le proporciona al ave sitios con recursos alimenticios, de percha y de anidación durante todo el año.

Hipótesis 3

Las parejas de guacamaya verde estarán anidando en grandes árboles del bosque tropical subcaducifolio conservado, cuyas características morfométricas mínimas son de 16 m de altura y 68 cm de diámetro a la altura de pecho (Carreón 1996).

2 MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El área de estudio comprende 10,000 ha ubicadas entre los municipios de Cosalá en el Estado de Sinaloa y de Tamazula en el Estado de Durango, sobre las faldas de Sierra Madre Occidental, el terreno se caracteriza por ser abrupto, con valles, cañadas, cauces de ríos, arroyos y mesetas, lo que le confiere a la región una variabilidad de topoformas que conjuntamente con el clima diversifican los ambientes naturales (SPD, 2001; Galavíz, 2003). Las coordenadas geográficas son 24°21'24" y 24°27'04" latitud norte y 106°33'58" y 106°40'00" longitud oeste (Figura 1).

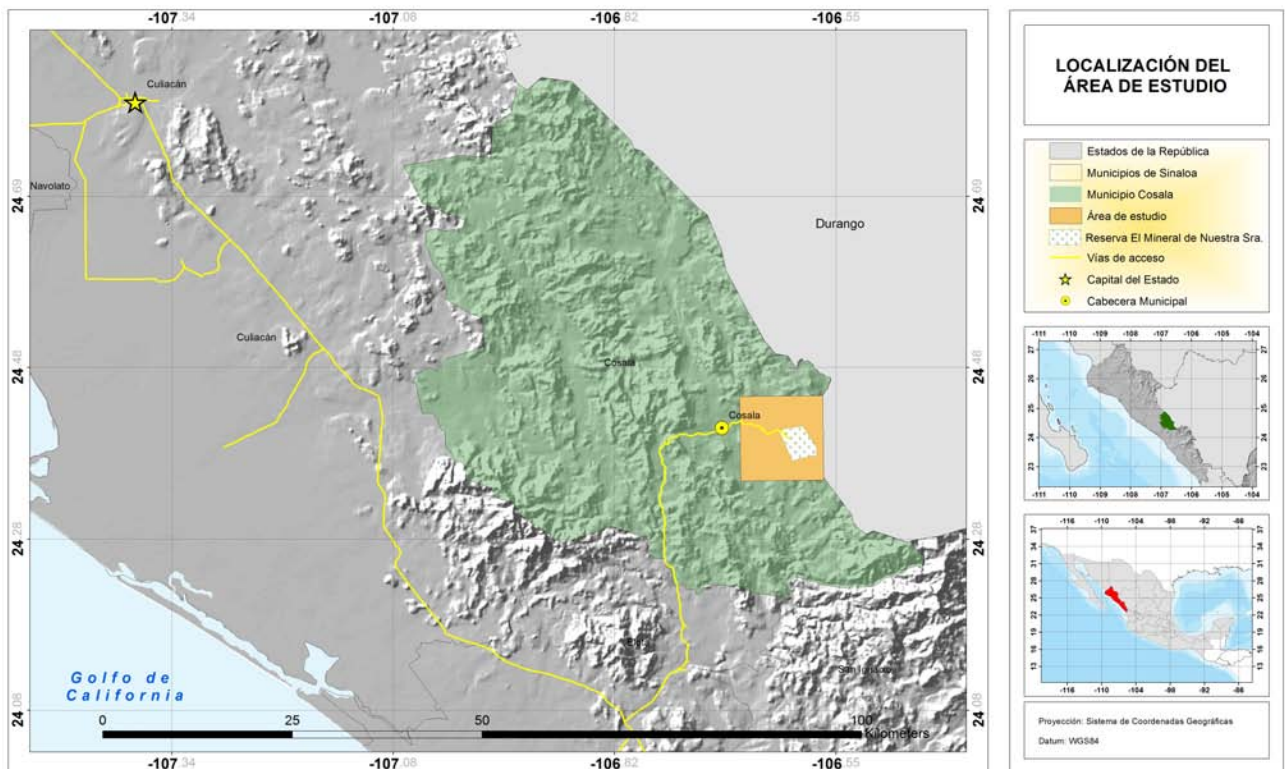


Figura 1. Ubicación y accesos al área donde se llevó a cabo el estudio sobre preferencia de hábitat de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en Cosalá, México.

La parte de Sinaloa pertenece a la sindicatura de Guadalupe los Reyes, donde se ubica la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora (POES, 2002) que pertenece y es administrada por la Universidad Autónoma de Sinaloa. La zona de estudio se ubica dentro de la Región Terrestre Prioritaria San Juan de Camarones (RTP-23) (Arriaga *et al.*, 2000; Rubio *et al.*, 2010).

2.1.1 Orografía

Las diferentes formas del terreno juegan un papel importante en el desarrollo y distribución de las comunidades vivas, influye en la formación de suelos y por consecuencia en el sustento de diversos tipos de vegetación y en la distribución de la fauna. La configuración orográfica de la zona presenta formas muy accidentadas, esto se deriva de las ramificaciones de la Sierra Madre Occidental que da origen a la Sierra de las Ventanas, misma que se integra a la orografía con altitudes que fluctúan entre 300 a 2,292 m en sus superficies más elevadas (SPD, 2001).

2.1.2 Geomorfología

La geomorfología del estado de Sinaloa es producto de los desprendimientos del eje montañoso que asciende desde la extremidad austral en Escuinapa y Rosario, al sur del estado, y que penetra al estado en los límites con Durango y Chihuahua, hacia el noreste, recibiendo los nombres de Sierra de Topia, Tepehuajes y Tarahumara que se integran a la Sierra Madre Occidental. Específicamente el área de estudio se localiza en la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, en la subprovincia número 15, denominada Gran Meseta y Cañones Duranguenses, presentando una fórmula fisiográfica 107-0-01, que se describe como una sierra alta con cañones (SPD, 2001; Galavíz, 2003).

2.1.3 Clima

De acuerdo con Millán (2003), el clima de la región corresponde al grupo Cálido Subhúmedo con lluvias en verano $Aw_1(e)$. Ocupa un lugar intermedio entre las regiones secas y las más lluviosas, hay dos periodos marcados, uno lluvioso concentrado en verano y parte del otoño y el resto del año es seco. La temperatura medial anual varía entre los 22 y 26°; la temperatura media del mes más frío es mayor a los 18°C y la precipitación media anual oscila entre los 700 y 1000 mm (SPD, 2001).

2.1.4 Hidrología

El afluente principal que cruza la zona es el río Habitas, nace en el Estado de Durango, fluyendo en dirección Oeste-Suroeste, para entrar al Estado de Sinaloa por un cañón que cruza la región del Mineral de Nuestra Señora Cosalá, y continuando al Oeste desemboca en el río Elota que almacena sus aguas en la presa el Salto, para continuar sus escurrimientos hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Este afluente presenta aguas permanentes con alta variabilidad de niveles. En el área de estudio existe la presencia de arroyos, como el de La Seca y Santiaguillo, que garantizan la provisión del recurso agua tanto a la fauna regional como a los pobladores locales (SPD, 2001).

2.2 Tipos de vegetación

De acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1994) el tipo de vegetación dominante en Cosalá es el bosque tropical caducifolio, seguido de los bosques tropical subcaducifolio y espinoso; estos tipos de vegetación se integran al grupo de los bosques secos (Mooney *et al.*, 1995) o también conocidos como selvas secas (Trejo, 2010) o selvas subhúmedas (Challenger, 1998), se distribuyen en regiones tropicales donde se presentan marcadas temporadas de sequía parcial o absoluta (Figura 2). Los bosques secos se desarrolla sobre sustratos de origen volcánico de suelos jóvenes y poco profundos, que reflejan la composición mineral de la roca madre (Challenger, 1998) y relativamente fértiles (Mooney *et al.* 1995). Se consideran secos debido a que el periodo de sequía anual que se enfrentan puede prolongarse hasta seis meses, propiciando un ambiente contrastante; durante las lluvias da la impresión de ser un bosque tropical húmedo, pero en el periodo de estiaje se observa un bosque gris y desolado aparentemente, resultado de la pérdida de las hojas que caracteriza a la gran mayoría de las especies arbóreas (Rzedowski, 1994). En México se distribuyen 350 géneros y 82 familias de plantas. La familia *Leguminosae* es consistentemente dominante entre los árboles y la familia *Bignoniaceae* entre las lianas, entre los géneros más importantes de acuerdo a su frecuencia están *Acacia*, *Bursera*, *Caesalpinia*, *Ceiba*, *Cordia*, *Lysiloma*, *Zanthoxylum*, *Ziziphus*, *Croton* y *Randia* (Vega *et al.*, 1989; Gentry, 1995; Mooney *et al.* 1995).

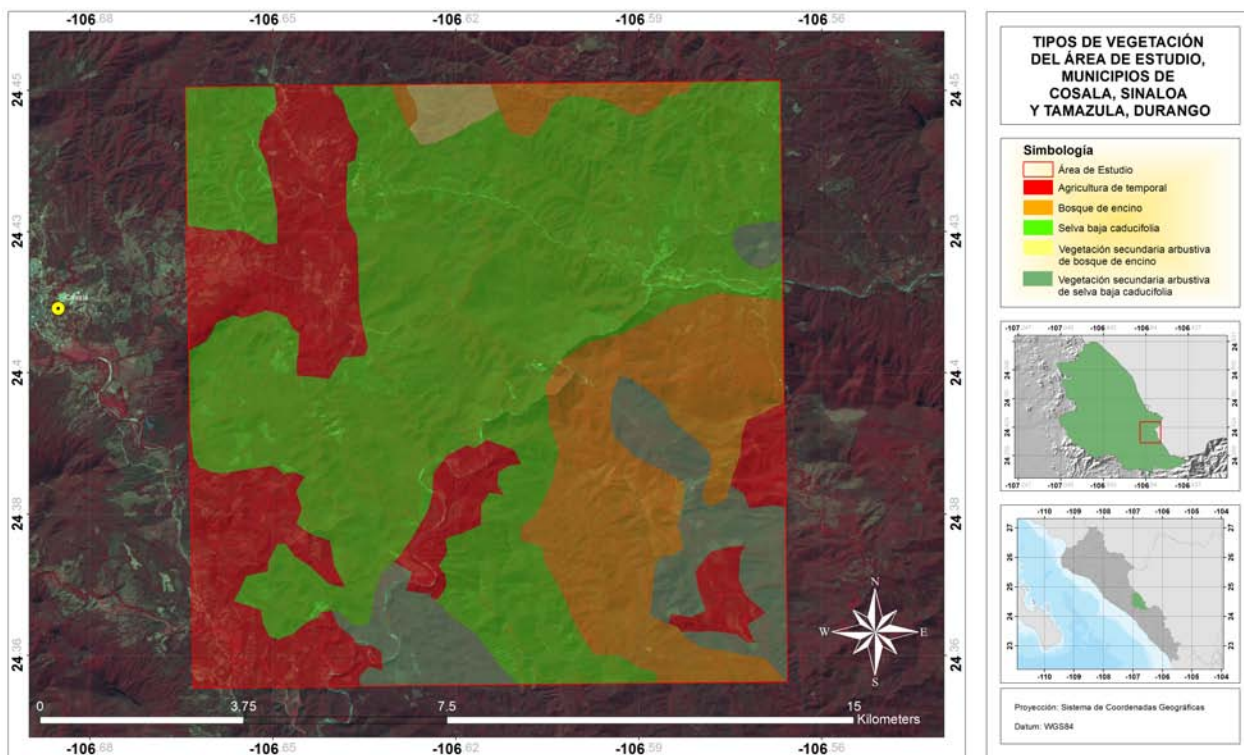


Figura 2. Tipos de vegetación en el área de estudio sobre preferencia de hábitat de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en Cosalá, México.

Bosque Tropical Caducifolio

Es la comunidad dominante dentro del área, estructuralmente es bajo en altura (5-15 m) con diámetros de árboles que generalmente no pasa los 50 cm, y donde la mayoría de los árboles pierden su follaje durante la época seca (Rzedoski, 1994). En Cosalá se desarrolla sobre suelos rocosos, poco profundos y con buen drenaje, característicos de laderas cuyas pendientes son pronunciadas y ubicadas entre los 300 y 700 msnm (Rzedowski, 1994; Trejo, 2010), entre las especies arbóreas representativas encontradas están la amapa (*Tabebuia palmeri* Rose), rosa amarilla (*Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng.), mora (*Maclura tinctoria*), ayale

(*Crescentia alata* Kunth), mauto (*Lysiloma microphyllum*) y papelillo (*Bursera simaruba*) (Vega *et al.* 1989; Rubio, 2003).

Bosque Tropical Subcaducifolio

Se localiza en las zonas de cañada, arroyos y laderas bajo la protección de la sombra orográfica que propicia el mantenimiento de la humedad aún en tiempos de extrema sequía, forma manchones discontinuos donde existe mayor disponibilidad de agua (Lott, 1993). En esta comunidad la mayoría de los árboles mantiene sus hojas a lo largo del año y se encuentra formando mosaicos con el bosque tropical caducifolio, pero sus elementos arbóreos son de mayor altura (15-30 m), con 30-80 cm de diámetros (Rzedowski, 1994). Las especies más representativas son el apomo (*Brosimum alicastrum*), higueras o matapalos, (*Ficus spp.*), anonas (*Annona squamosa* L.), haba de San Ignacio (*Hura polyandra* Baill.) y cedro blanco (*Cedrela odorata* L.) (Vega *et al.* 1989, Rzedowski, 1994; Rubio, 2003).

Bosque Espinoso

Se localiza en los sitios en los cuales se han desarrollado actividades antrópicas como agricultura, cría de ganado y aprovechamiento minero. Las especies comunes encontradas son del género *Acacia*; además del arellano (*Caesalpinia platyloba* S. Watson), el cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelmann) Britton & Rose) y el guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Rzedowski (1994).

Otras comunidades vegetales

Importantes parches de encino con extensiones de 8 a 10 ha, se localizan en las partes más altas de Cosalá (700-800 msnm). Dos especies son las más abundantes, la bellota (*Quercus aff. acutifolia*

Nee.) y el encino (*Q. chihuahuensis* Trel.). Los sabinos (*Taxodium mucronatum* Ten.) constituyen la vegetación riparia escasamente distribuida sobre las márgenes del río de Las Habitas (Vega *et al.* 1989). En sitios que han sido sujetos a aprovechamiento prolifera la vegetación secundaria compuesta por la vinorama (*A. cochliacantha* H. & B. ex Wills.) y el vinolo (*A. farnesiana* (L.) Willd.) y en las zonas de uso agrícolas se cultiva maíz y pastos (Rubio, 2001).

2.3 Sistema de estudio

La investigación de campo realizó de febrero de 1998 a marzo de 1999 con inspecciones mensuales sistemáticas. El enfoque de la investigación fue demográfico y se analizaron los factores que influyen en la distribución de la guacamaya verde en el paisaje de Cosalá (Turner, 1989). Los estudios de campo y experimentos naturales proporcionaron datos sobre la historia natural y ecología de la especie en una de las regiones más septentrionales de su distribución. Los primeros se basaron en la observación y el registro de las variables y los experimentos naturales permitieron analizar la influencia del tiempo y el espacio dentro las unidades de experimentación (Hurlbert, 1984; James y McCulloch, 1985; Ratti y Garton, 1996; Kamil, 1988).

2.3.1 Unidades de muestreo

Se elaboró un plano topográfico de las 10,000 ha que conformaron el área de estudio y se caracterizó el ambiente físico en función del relieve del terreno y la vegetación. Se identificaron 25 unidades de muestreo de 400 ha cada una. Los criterios utilizados para identificar las unidades fueron el gradiente altitudinal y la pendiente del terreno; de acuerdo a la clasificación del relieve se definieron tres geoformas (Cottler, 1997, com. per.): 1) valle, terreno cuya pendiente no es

mayor a los 2°; 2) pie de monte, terreno con pendiente no es mayor a los 5° , y 3) ladera, con pendientes de terreno mayores a los 5°.

El pie de monte con un gradiente altitudinal máximo de 160 metros constituye las zonas planas y las laderas son zonas accidentadas con gradientes de 180 a 480 metros. De las 25 unidades se eligieron al azar cinco de ladera y cinco de pie de monte, con esta representatividad de réplicas por ambiente se buscó a minimizar el fenómeno de pseudorreplicación (Hurlbert, 1984). No se encontraron sitios representativos con características de valle.

Se asignó a cada unidad el nombre de los pueblos adyacentes; las correspondientes a zona de ladera son La Seca, La Candelaria, El Palmar, Santa Ana y Santiaguillo. Las unidades de zona de pie de monte son Los Braceros, Carricitos, La Estancia, Agua Fría y Palo Verde (Figura 3).

Las unidades se identificaron como sitios conservados al no presentar modificaciones antropogénicas significativas sobre la cubierta vegetal original o con un máximo de 20% de alteración. Los sitios perturbados y muy perturbados se estimaron con una modificación del 21 al 40% y más del 40% en su extensión natural, respectivamente.

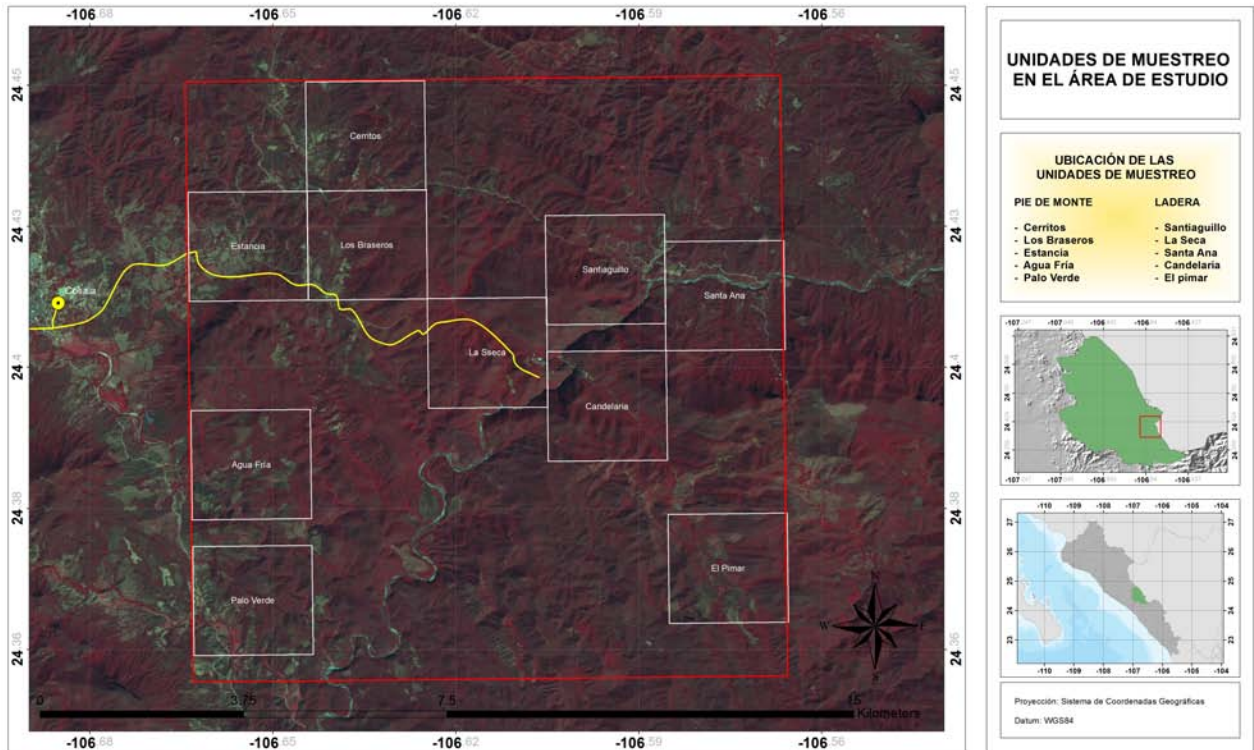


Figura 3. Ubicación de las unidades de muestro en el área de estudio de Cosalá, Sinaloa.

2.3.2 Caracterización del hábitat

Censos de vegetación

Para obtener la estructura y composición del hábitat de la guacamaya verde, se siguió el método de transectos propuesto por Gentry (1982) (Lott *et al.* 1987). Cada unidad de monitoreo se dividió en cuatro cuadrantes y en cada uno se establecieron al azar dos transectos de 100 m² (50 m x 2 m). En cada unidad se consideraron los árboles con un Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm. Las variables registradas en muestros de la vegetación fueron:

- 1) Especie

2) Altura del árbol, se estimó teniendo como referencia una cinta de dos metros adyacente al árbol (Kenneth *et al.*, 1996).

3) El DAP se obtuvo midiendo el perímetro del tallo a los 1.4 m con respecto al nivel del suelo e integrándolo en la siguiente fórmula:

$$d.a.p. = p.a./\pi, \text{ donde } p.a. \text{ es el perímetro del tallo en cm (Rangel } et al., 1997).$$

4) Área Basal (AB); se estima a partir de es la superficie de una sección transversal del tallo a los 1.4 m con respecto al nivel del suelo, se expresa en cm^2 o m^2 de (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). La fórmula utilizada fue (Rangel *et al.*, 1997):

$$a.b. = \pi/4 \times (\text{DAP})^2$$

5) Cobertura del dosel se obtuvo con el área que proyectan las copas de los árboles sobre el suelo, para su medida se tuvo como referencia una cinta de dos metros (Kenneth *et al.* 1997). Los valores de la cobertura se expresan en m^2 o en porcentaje (Rangel *et al.* 1997) y se estiman a partir de dos diámetros perpendiculares y la fórmula de Muller-Dombois y Ellenberg (1974):

$$C = \frac{(\text{D1} + \text{D2})^2}{4} \pi$$

Donde C es la proyección superficial de la copa en m^2 ; D1 y D2 son diámetros, π tiene el valor de 3.1416.

6) Valores promedio por especie de altura, DAP, área basal y cobertura del dosel; y sus valores máximos y mínimos. Para los análisis discriminantes se requirió de la abundancia máxima de individuos por especie en cada unidad de monitoreo.

7) El Índice de Valor de Importancia (IVI); este valor proporciona información de la homogeneidad florística y del valor relativo de las especies permitiendo distinguir aquellas dominantes (Pérez, 1986; Franco *et al.*, 1992, Rangel *et al.*, 1997). La fórmula empleada fue:

$$\text{IVI} = \text{abundancia relativa (\%)} + \text{dominancia relativa (\%)} + \text{frecuencia relativa (\%)}$$

Donde: Abundancia relativa = $\frac{\text{abundancia de la especie}}{\text{abundancia total}} \times 100$

Dominancia relativa (área basal) = $\frac{\text{área basal de la especie}}{\text{área basal total}} \times 100$

Frecuencia relativa = $\frac{\text{número de sitios en que aparece la especie}}{\text{número de sitios muestreados}} \times 100$

8) Índice de diversidad: Se estimó el valor de este atributo mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener que viene dado por $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$.

Donde p_i es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N_t) de individuos de las especies registradas (Magurran, 1988, 2004; Begon *et al.*, 1999).

2.3.3 Variación espacial y temporal de la población de guacamaya verde en Cosalá

Censos y esfuerzo de monitoreo

Para estimar la abundancia espacial y temporal de la guacamaya verde se llevaron a cabo censos mensuales matutinos y vespertinos en las unidades de monitoreo utilizando las técnicas del transecto lineal (1,000 m) y la de estaciones de monitoreo (Reynolds *et al.*, 1980; Bibby *et al.*, 2000). La primera consiste en caminar siguiendo una línea en un solo sentido, comúnmente empleada en los censos de psitácidos y constituye la mejor opción dentro de áreas relativamente uniformes o para cuantificar especies difíciles de detectar; la técnica de estaciones de monitoreo ha sido ajustada al estudio de psitácidos en México (Carreón, 1997; Monterrubio *et al.* 2010) y consistió en establecer puntos fijos en sitios elevados como colinas o riscos con alta visibilidad y de preferencia por encima del dosel a fin de permitir una mayor precisión en el conteo de individuos de las parvadas, minimizando el error de muestreo relacionado a la perturbación que

provoca el observador cuando anda en movimiento (Bibby *et al.*, 1993, Bibby *et al.*, 2000; Juniper y Yamashita, 1991; Lanning, 1991; Thiollay, 1992; Iñigo, 1996; Renton, 2002).

Burnham *et al.* (1980) y Bibby *et al.* (1993) sugieren tomar en cuenta las siguientes consideraciones para obtener estimaciones confiables de la abundancia poblacional: a) las aves sobre el transecto siempre son detectadas, b) las aves permanecen en la posición en que son detectadas y no son contadas en forma repetitiva; y c) cada detección de aves es independiente. Violar estos supuestos podría ser fácil, ya que las guacamayas tienen gran capacidad desplazamiento en corto tiempo y podrían no ser detectadas o estar pasando por el mismo sitio. Para minimizar estas situaciones de error o recuentos, se llevaron a cabo conteos simultáneos, en dos o más sitios a la vez. Las estaciones de monitoreo se establecieron una por cada unidad de monitoreo. Para hábitats con una alta riqueza de especies como los bosques tropicales o con especies difíciles de detectar es necesario que los tiempos de permanencia para la observación sean grandes, en esta investigación el periodo de observación fue de 80 a 180 minutos (Reynolds *et al.*, 1980; Bibby *et al.*, 1993).

Para ambas técnicas se registraron día, hora, número de individuos, condiciones climatológicas, actividad de los individuos (volando, perchando, vocalizando, alimentándose), estrato arbóreo y categoría del hábitat (Thiollay, 1992; Bibby *et al.*, 1993; Iñigo, 1996; Carreón, 1997; Ratti y Garton, 1996). Cada unidad se inspeccionó mensualmente por la mañana entre las 06:30 y 12:30 h, y por la tarde entre las 13:00 y 19:00 h con ambas técnicas de monitoreo. Se estableció un transecto y una estación de monitoreo por unidad de muestreo. En total se llevaron a cabo 274 censos, 164 en la zona de ladera y 110 en la de pie de monte.

El esfuerzo de tiempo empleado en cada monitoreo fue de tres a cuatro horas, logrando un total de 822 horas de observación divididas en 492 horas para la zona de ladera y 330 horas para la zona de pie de monte (Cuadro 1), no se encontraron sitios de valle en el área de estudio. La

abundancia se estimó a partir del número máximo de individuos registrados por mes/método (Carreón 1997). Durante los censos las guacamayas se identificaron en tres categorías o grupos de vuelo de: solitario, pareja y grupo (tres o más guacamayas).

Cuadro 1. Esfuerzo de muestreo por unidad y tipos de zonas.

Unidad	Censos	Horas esfuerzo
Santiaguillo	40	120
La Seca	37	111
El Palmar	29	87
Santa Ana	29	87
La Candelaria	29	87
<i>Total zona ladera</i>	<i>164</i>	<i>492</i>
Agua Fría	26	78
La Estancia	24	72
Palo Verde	23	69
Los Braceros	19	57
Carricitos	18	54
<i>Total zona pie de monte</i>	<i>110</i>	<i>330</i>
Total	274	822

2.3.4 Preferencia de hábitat

Para evaluar el grado de preferencia de la especie en los sitios, se utilizaron los datos de abundancia generados durante los censos del ave (Partridge, 1978; Bibby *et al.*, 1993; Velázquez y Heil, 1996). Fue necesario evaluar sus condiciones físicas y biológicas y grado de conservación de las unidades. Entre estas condiciones, por ejemplo, está la disponibilidad de recursos alimenticios; particularmente el interés se dirigió trece especies de árboles que proporcionan alimento a la guacamaya verde en la región, mismas que fueron registradas por Loza (1997) para Jalisco, entre ellas *Brosimum alicastrum*, *Hura polyandra* y *Ceiba pentandra*. Se inventariaron los árboles por unidad y se registró la etapa fenológica (Justiniano y Fredericksen, 2000) o periodo de

fructificación en que se encontraba al momento de la investigación con la finalidad de identificar posibles relaciones entre estos recursos y la presencia del ave.

Se hizo lo mismo con las siguientes diez especies que potencialmente representaban recursos alimenticios, de acuerdo con los datos proporcionados por los lugareños: *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth., *L. microphyllum* Benth., *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud., *Ficus glaucescens* (Liebm.) Miq., *F. mexicana* Miq., *Psidium sartorianum* (Berg) Niedenzu, *Sideroxylon persimile* (Hemsl.) T.D. Penn., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, *Quercus aff. acutifolia* Nee., y *Q. chihuahuensis* Trel.

2.3.5 Sitios de nidificación y ciclo reproductivo

Para la determinación de sitios de anidación se retomó la metodología de Saunders *et al.* (1982), modificada por Iñigo (1996) y Carreón (1997) empleadas en estudios de *Ara macao* y *A. militaris*, en selvas altas y bajas, respectivamente. Dentro de los transectos establecidos para la caracterización de la vegetación se registraron aquellos árboles con las características mínimas que señalen una posible ocupación por las guacamayas: altura 16 m y diámetro a la altura de pecho de 68 cm (Carreón, 1997).

Para los análisis estadísticos se consideraron los datos registrados a partir del mes de mayo, teniendo como premisa que la guacamaya verde inicia en abril la etapa reproductiva en la región y en otras localidades del Estado de Sinaloa. Esta afirmación se fundamenta en la observación del comportamiento que desplegaron algunos individuos durante la investigación de campo, como separación de individuos y definición de pareja, acicalamiento e inspección de las zonas de anidación. El ciclo reproductivo se logró definir con los datos de la observación (200 horas) realizada durante quince años en el mismo sitio de los paredones ubicados en la unidad de

Santiaguillo. Entre los años de 1998 a 2013 se inspeccionaron de manera sistemática los riscos ubicado en esta unidad; cada año durante los meses de mayo a julio se inspeccionaron los riscos.

2.3.6 Análisis

Los datos de abundancia de la especie recabados durante esta investigación no presentaron distribución normal de acuerdo con el análisis preliminar llevado a cabo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov; por lo que se utilizaron pruebas no paramétricas. Se hicieron diversos análisis entre las variables de abundancia de guacamaya con respecto al tiempo (meses, horas del día, temporada reproductiva), a la disponibilidad de recursos alimenticios y características de los sitios de muestreo. Esto con el propósito de identificar posibles relaciones y/o patrones. La prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1984) se aplicó para determinar si existen diferencias en la abundancia de guacamaya verde entre hábitats (vegetación) y a lo largo de un ciclo anual (meses). Para identificar correlaciones entre la abundancia de la guacamaya verde con respecto a características del hábitat se aplicó la prueba de Spearman de correlaciones. Se llevó a cabo un análisis discriminante para explorar cuáles variables o atributos de los árboles están caracterizando estructuralmente el área, esto permitió examinar la variación existente en los sitios con respecto a la vegetación. Se analizaron 14 variables de las 88 especies de árboles registradas en el área de estudio (Apendice 4). Se utilizó el paquete SSPS 10.0 con un nivel de significancia de alfa ≤ 0.05 . Se estimaron los parámetros estadísticos básicos descriptivos (valores promedios, frecuencias) (Zar, 1984); los datos se ordenaron y presentaron en cuadros y gráficos.

3 RESULTADOS

3.1 Estructura y diversidad vegetal del hábitat de la guacamaya verde en Cosalá

Se registraron en total 1,429 árboles dentro de 63 transectos. De estos transecto 38 se establecieron la zona de ladera con 1,029 árboles registrados, y 25 en la zona de pie de monte donde contaron 400 árboles. En esta última zona no se dieron las condiciones para establecer más transectos, aquí dominaron zonas de cultivo de temporal.

3.1.1 Composición florística: familias, géneros y especies

La riqueza de especies encontrada en el área de estudio fue de 88 especies de árboles, dentro 66 géneros y 39 familias. La familia más representada fue *Mimosaceae* con 11 especies, seguida por *Moraceae*, *Fabaceae* y *Euphorbiaceae*, con una riqueza de 6 especies para cada una (Cuadro 2).

Los géneros más abundantes fueron *Bursera*, *Lysiloma*, *Zanthoxylum*, *Pithecellobium*, *Haematoxylon*, *Tabebuia*, *Ficus*, *Lonchocarpus*, *Ipomoea*, *Guazuma*, *Caesalpinia*, *Acacia*, *Lonchocarpus* y *Quercus* (Anexo 1).

Se encontró que al menos 11 especies son las abundantes para ambos tipos de ambientes, sobresaliendo entre ellas *Haematoxylon brasiletto*, *Lysiloma microphyllum* y *Tabernaemontana amygdalifolia* (Cuadro 3).

Cuadro 2. Relación de las familias más representadas en Cosalá.

FAMILIA	ESPECIES
Mimosaceae	<p><i>Acacia cochliacantha</i> H. & B. ex Wills. <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. <i>Acacia hindsii</i> Benth. <i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. & Cham) Benth. <i>Albizia occidentalis</i> T. S. Brandege <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg. <i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth. <i>Lysiloma microphyllum</i> Benth. <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth. <i>Pithecellobium mangense</i> (Jacq.) Macbr.</p>
Moraceae	<p><i>Brosimum alicastrum</i> Swartz <i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud. <i>Ficus cotinifolia</i> H.B.K. <i>Ficus glaucescens</i> (Liebm.) Miq. <i>Ficus mexicana</i> Miq. <i>Ficus padifolia</i> H.B.K.</p>
Euphorbiaceae	<p><i>Adelia vaseyi</i> (Coult) Pax. & Moff. <i>Croton spp.</i> <i>Hura polyandra</i> Baill <i>Jatropha angustidens</i> (Torr) Muell. <i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl <i>Sapium pedicellatum</i> Huber.</p>
Fabaceae	<p><i>Erythrina lanata</i> Rose ssp. <i>occidentalis</i> (Standl.) Kir. & B. <i>Lonchocarpus lanceolatus</i> Benth. <i>Lonchocarpus megalanthus</i> Pittier <i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) H.B.Q. <i>Platymiscium trifoliatum</i> Benth. <i>Willardia mexicana</i> (S. Wats.) Rose</p>

Cuadro 3. Especies de árboles más comunes en Cosalá.

Especie	Árboles registrados
<i>Haematoxylum brasiletto</i> Karst.	113
<i>Lysiloma microphyllum</i> Benth.	106
<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> Jacq.	94
<i>Ipomoea arborescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.)	54
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	52
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	40
<i>Pithecellobium mangense</i> (Jacq.) Macbr.	35
<i>Bursera spp.</i>	32
<i>Zanthoxylum arborescens</i> Rose	32
<i>Quercus chihuahuensis</i> Trel.	29
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	26

Riqueza de especies de árboles y su abundancia en sitios de ladera y pie de monte

La riqueza de especies de árboles fue de 73 especies para las unidades de ladera y de 55 para las de pie de monte. En la zona de ladera dominaron especies de gran tamaño, algunos del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio como *L. microphyllum* (n=46 individuos) y *B. alicastrum* (n=40 individuos), respectivamente (Figura 3). En la zona de pie de monte, las especies más abundantes corresponden sólo al bosque tropical caducifolio, entre ellas *L. microphyllum* (n=62) y *H. brasiletto* (n=59) (Figura 4). El resto de las especies se distribuye en pequeños grupos, entre ellas están *Bursera spp.* (n=18), *G. ulmifolia* (n=16) *C. aesculifolia* (n=13) y *M. tinctoria* (n=11). La abundancia acumulada de las 10 especies de árboles más frecuentes en las laderas fue de n = 613 y para los sitios de pie de monte fue de n = 227 árboles.

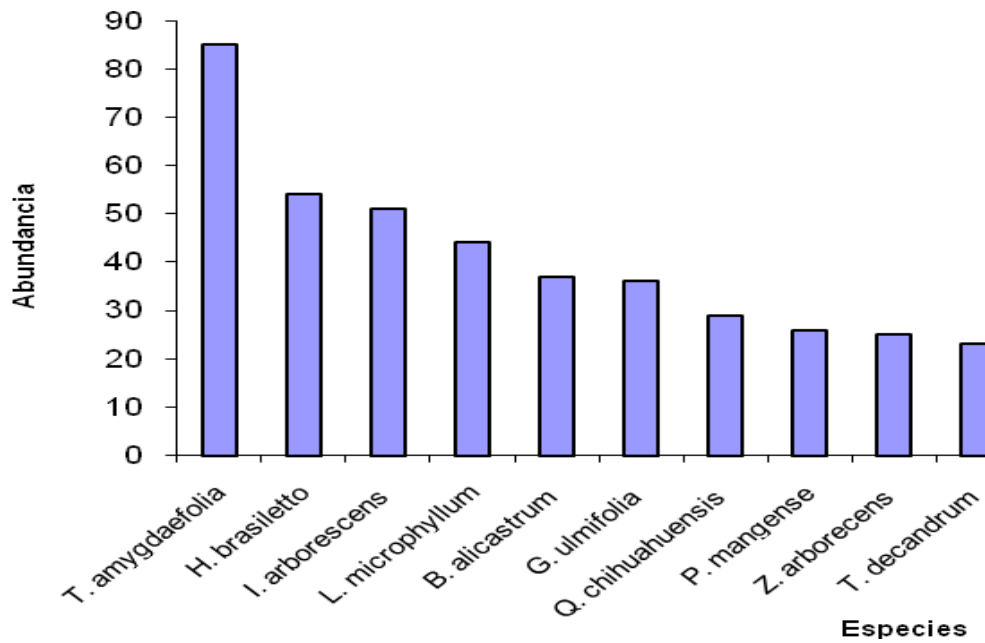


Figura 4. Número de individuos de las especies arbóreas más abundantes en la zona de ladera en Cosalá.

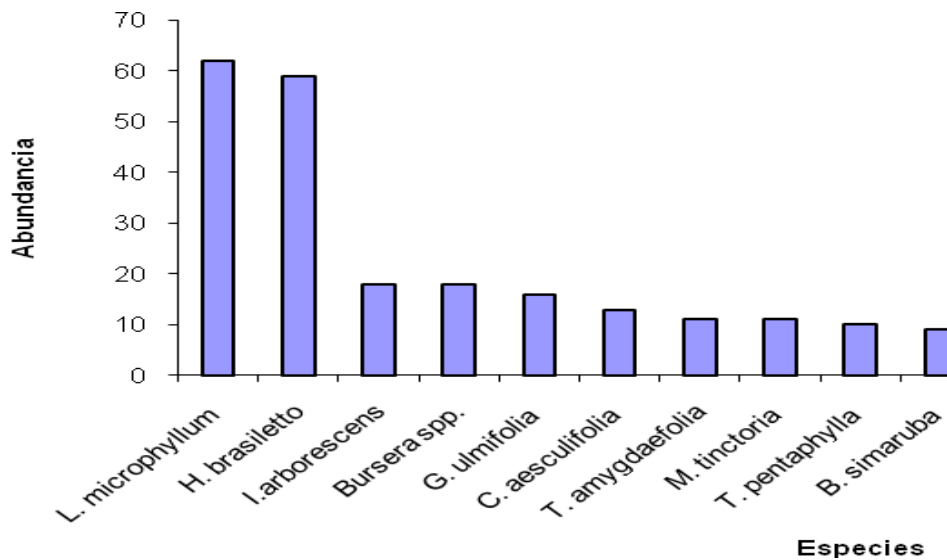


Figura 5. Número de individuos de las especies arbóreas más abundantes en la zona de pie de monte en Cosalá.

3.1.2 Atributos de la vegetación

Índices de diversidad

En la zona de ladera Santiaguillo y La Candelaria se presentó el mayor número de especies registradas (R=66) y los índices de diversidad más altos, $H'=3.67$ y $H'=3.63$ respectivamente. El resto de las unidades de ladera presentaron valores menores, pero aún así más altos con respecto a las zonas de pie de monte, donde el valor más alto de diversidad se encontró en Los Braceros ($H'=3.15$) y el menor en La Estancia ($H'=2.24$) (Cuadro 4). La riqueza promedio de árboles para las unidades de ladera y pie de monte fue de 58 y 22 especies, respectivamente. Esto explica en parte la relación encontrada entre la mayor abundancia de árboles y el índice de diversidad, de acuerdo al coeficiente de correlación de Spearman ($r^2= 0.513$; $P\leq 0.001$; $n=39$).

Cuadro 4. Riqueza de especies arbóreas e índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') para cada una de las unidades de monitoreo.

UNIDAD	ZONA	RIQUEZA	H'	AMBIENTE
Santiaguillo	Ladera	66	3.67	Conservado
La Candelaria	Ladera	66	3.63	Conservado
La Seca	Ladera	58	3.59	Conservado
Santa Ana	Ladera	52	3.52	Perturbado
El Palmar	Ladera	46	3.42	Conservado
Los Braceros	Pie de monte	29	3.15	Perturbado
Palo Verde	Pie de monte	31	2.85	Perturbado
Agua Fría	Pie de monte	20	2.72	Perturbado
Carricitos	Pie de monte	21	2.29	Perturbado
La Estancia	Pie de monte	11	2.24	Muy perturbado

3.1.3 Caracterización de la vegetación en las zonas de ladera y pie de monte.

El análisis discriminante determinó que las primeras cuatro funciones explican la variación entre las unidades, el porcentaje acumulado fue de 86.5% y las funciones uno y nueve son significativas e integran la variación existente entre los datos (Wilks-Lambda 1 y 9 (WL = 0.678, $X^2=147.51$, g. 1. 117, $P \leq 0.030$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores obtenidos del análisis de discriminantes para las unidades de ladera y pie de monte en Cosalá.

Función	Eigenvalor	% de variación	% Acumulado	Correlación canónica
1	.143(a)	35.1	35.1	.354
2	.113(a)	27.8	62.9	.319
3	.057(a)	14.1	77.0	.233
4	.038(a)	9.5	86.5	.193
5	.021(a)	5.3	91.8	.145
6	.016(a)	3.8	95.6	.124
7	.013(a)	3.2	98.8	.114
8	.004(a)	.9	99.8	.062
9	.001(a)	.2	100.0	.030

De las catorce variables utilizadas para el análisis discriminante, cuatro definen la estructura de los sitios de ladera: altura promedio, altura máxima y altura mínima caracterizan la función discriminante 1; mientras el dap mínimo es el mayor valor de la función 4 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Correlaciones entre las variables de los árboles de las unidades de ladera y pie de monte y las funciones discriminantes. Las variables se ordenaron por la magnitud de su correlación en las funciones.

Variables	Función			
	1	2	3	4
Altura promedio	.782(*)	.128	.386	.261
Altura máxima	.712(*)	.024	.232	.233
Altura mínima	.698(*)	.152	.534	.289
D.a.p. mínimo	.149	.200	.377	.504(*)
Cobertura promedio	.351	-.116	.397	.490(*)
Área basal	.019	-.034	.050	.464(*)
Cobertura individual mínimo	.287	.055	.127	.460(*)
D.a.p. promedio	.088	.117	.348	.460(*)
Área basal mínima	.172	.096	.013	.454(*)
Cobertura individual promedio	.322	-.071	.175	.405(*)
Área basal máxima	-.054	-.074	.060	.386
Total de individuos	-.097	.055	-.250	-.117
D.a.p. máximo	.006	.044	.277	.357
Cobertura individual máxima	.351	-.109	.026	.281

* Son los valores más grandes de correlación entre las variables y las funciones discriminantes.

3.1.4 Estructura y atributos de la vegetación en los sitios de la zona de ladera.

El siguiente cuadro muestra en resumen los resultados de los análisis de la vegetación del bosque tropical seco en Cosalá. Se registran parámetros y los atributos emergentes para cada sitio de la zona de ladera.

Cuadro 7. Atributos de la vegetación y características físicas de las unidades en laderas en Cosalá.

Unidad/ Atributo	Abundan cia de árboles	Especies arbóreas alimentici as	Índice de diversid ad (H')	No. árboles recurso alimentici os	Altura promed io (m)	DAP promed io (cm)	Área basal total (cm ²)	Área basal promedi o (cm ²)	Cobertur a total (m ²)	Cobertu ra promedi o (m ²)	Gradien te altitudin al (m)	Pendien te terreno (°)
Santiaguillo	221	4	3.67	29	7.4	20.2	301,810.62	1,365.66	1,548.81	7.01	450	23
El Palmar	154	6	3.42	26	10.5	22.39	157,820.74	1,024.81	1,189.49	7.72	560	16
La Seca	194	5	3.59	17	8.1	22.31	212,352.41	1,094.60	1,582.22	7.99	320	19
La Candelaria	275	5	3.63	31	8.4	19.10	231,284.97	841.03	1,889.28	6.87	380	16
Santa Ana	185	8	3.52	22	7.5	22.77	218,003.29	1178.40	1,199.54	6.98	250	19

La unidad de Santiaguillo tiene los valores más altos en las pendientes de terreno (23°), área basal total ($301,810.62 \text{ cm}^2$) y área basal promedio ($1,365.66 \text{ cm}^2$), superando por mucho al resto de las unidades (Cuadro 7). La Candelaria se aproxima con el valor del área basal total ($231,284.97 \text{ cm}^2$) pero su valor promedio de área basal es el más bajo de todas las unidades (841.03 cm^2). En esta unidad se encontró la mayor abundancia de árboles pero con los valores más bajos en promedios de DAP y área basal.

En el mismo Cuadro 7, se pueden observar que los valores más altos del gradiente altitudinal (560 m) y del dosel (10.5 m) se presentaron en El Palmar, donde grandes cañadas resguardan extensiones de bosque tropical subcaducifolio conservado. En La Candelaria se registraron los valores más altos de la cobertura total ($1,889.28 \text{ m}^2$) y en La Seca el valor promedio más alto de cobertura (7.99 m^2). La unidad de Santa Ana registró el promedio mayor de DAP y la mayor riqueza ($R = 8$) de especies arbóreas que proporcionan recursos alimenticios a la guacamaya verde, pero abundancia relativa menor.

Índice de Valor de Importancia para las unidades de ladera (IVI)

Los valores más altos del índice de valor de importancia (IVI) de área basal y de cobertura foliar se concentraron en siete especies. *Ficus cotinifolia* (29.7 m^2) registró el mayor IVI basal y *Tabernaemontana amygdalifolia* el de cobertura (18.1 m^2) (Cuadros 8 y 9). *Ipomoea arborecens* y *Brosimum alicastrum* acumularon valores que los situaron en segundo y quinto término en ambos índices. Las leguminosas *Lysiloma microphyllum* y *Haematoxylon brasiletto* acumularon altos índices de cobertura y *Ficus mexicana* emergió por su alto valor de área basal (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 8. Índice de Valor de Importancia en base al área basal.

Especie	IVI
<i>Ficus cotinifolia</i>	29.7
<i>Ipomoea arborescens</i>	15.9
<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i>	15.3
<i>Ficus mexicana</i>	15.0
<i>Brosimum alicastrum</i>	12.7

Cuadro 9. Índice de Valor de Importancia en base a la cobertura foliar.

Especie	IVI
<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i>	18.1
<i>Ipomoea arborecens</i>	17.1
<i>Lysiloma microphyllum</i>	13.4
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	12.8
<i>Brosimum alicastrum</i>	11.9

3.2 Variación espacial y temporal de la población de guacamaya verde en Cosalá

3.2.1 Abundancia de la guacamaya verde en los sitios de ladera y pie de monte.

Censos y registros

Se logró registrar un total de 529 guacamayas verdes en Cosalá durante el ciclo anual de mayo de 1998 a marzo de 1999; identificadas en las siguientes categorías o grupos de vuelo: 56 solitarios, 91 parejas y 23 grupos. Los sitios de ladera registraron casi la totalidad de los individuos censados ($n= 522$) y en los sitios de pie de monte solo se contaron siete individuos.

Generalmente las guacamayas fueron observadas en vuelo, durante los censos fue posible registrar de 1 hasta 6 categorías de vuelo con abundancias que fueron desde un solo individuo hasta grupos con más de 20 aves. Los sitios de ladera registraron también el mayor número categorías ($n= 172$); en los sitios de pie de monte sólo se logró registrar a 7 individuos agrupados en dos categorías, una pareja y un grupo de cinco guacamayas (Cuadro 10). La diferencia de abundancia de guacamaya verde entre laderas y pie de monte fue evidentemente significativa, en este punto en particular no fue necesario la aplicación de pruebas estadísticas.

Cuadro 10. Registro de los número de categorías (solitario, parejas y grupos) e individuos observados en los sitios de ladera y pie de monte en Cosalá.

Unidades de zona de ladera	Registro	No. de individuos	Unidades de zona de pie de monte	Registro	No. de Individuos
Santiagoullo	69	182	Los Braceros	1	5
La Seca	39	127	Agua Fría	1	2
El Palmar	27	96	La Estancia	0	0
La Candelaria	28	72	Palo Verde	0	0
Santa Ana	9	45	Carricitos	0	0
Total	172	522	Total	2	7

3.2.2 Estimación de la abundancia de guacamaya verde en la zona de ladera

En Santiagoullo se presentó la mayor abundancia de guacamaya verde; 182 individuos agrupados en 69 registros de categorías y Santa Ana fue el sitio con menor abundancia, 45 guacamayas verdes en nueve grupos identificados durante los conteos de las aves (Cuadro 10). Considerando la totalidad de los censos matutinos y vespertinos se obtuvo en promedio 1.05 grupo de aves detectado por censo, con una abundancia promedio de 3.03 individuos. Al analizar la abundancia de guacamaya verde en los sitios, se encontraron diferencias significativas en los grupos registrados, por lo menos en un sitio de estudio (ANOVA de Kruskal-Wallis = 3.94, $df = 4$, $P = 0.004$). Sin embargo, en las comparaciones múltiples no se encontró que una unidad fuera estadísticamente diferente de otra; quizá esto se deba a la marcada variación de los registros de abundancia (Cuadro 10). Cabe

mencionar que los registros de campo arrojaron datos de abundancia que van desde un individuo hasta veinticuatro guacamayas verdes interceptadas simultáneamente

Métodos y categorías de avistamientos.

Con la técnica de la estación de monitoreo se registro el mayor número de grupos de vuelo, (n=102) con respecto a la técnica del transecto (n=70); aún con las evidentes diferencias cuantitativas entre las técnicas de monitoreo, no se encontró diferencia significativas (Kruskal-Wallis = 0.5381, df = 1, P = 7.37). Además con ambos métodos se tiene la misma capacidad para detectar guacamayas, tanto por la mañana (Kruskal-Wallis = 0.900, df = 1, P = 0.343) como en la tarde (Kruskal-Wallis = 0.199, df = 1, P = 0.655).

Abundancia y distribución diurna de guacamaya verde

Los analisis estadísticos demostraron que durante las primeras horas del día es más fácil detectar grupos de guacamaya verde (Kruskal-Wallis = 5.449, df = 1, P = 0.020) (Figura 5), y también revelaron diferencias significativas de abundancia entre sitios (Kruskal-Wallis = 11.133, df = 4, P = 0.025). En función de esto se podría esperar mayor actividad de aves durante la mañana en la unidad de Santiaguillo que fue el sitio con mayor registro de guacamayas (n=182) (Cuadro 10).

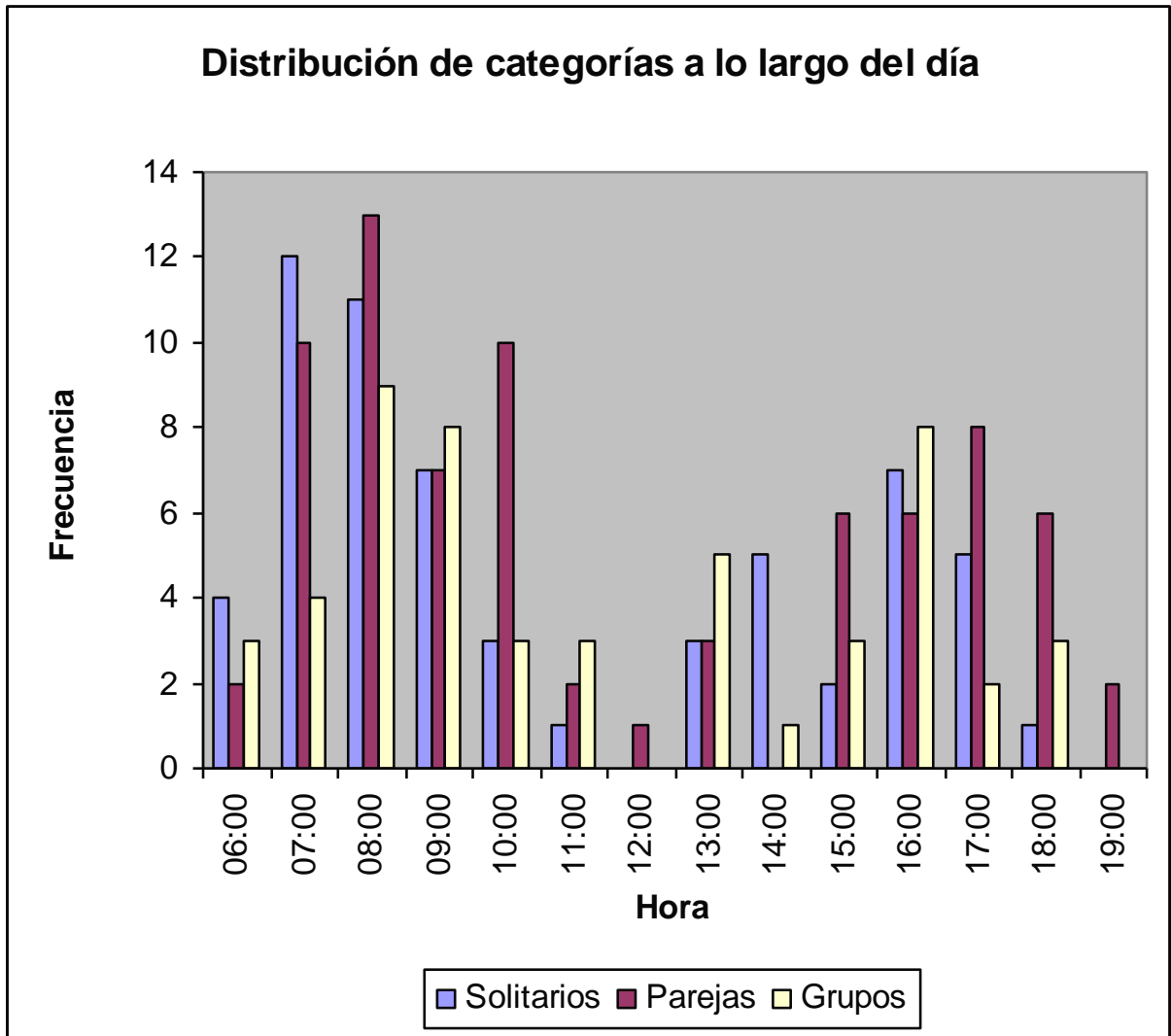


Figura 6. Distribución de las categorías registradas a lo largo del día en el ciclo 1998-1999 en Cosalá.

Abundancia máxima de guacamaya verde

La técnica de censo por transecto permitió detectar un mayor número de guacamayas ($n=196$) con respecto a la de estación de monitoreo ($n=169$), sin embargo los estadísticos no identificaron diferencias significativas entre los valores de abundancia registrados (ANOVA de Kruskal-Wallis = 0.5381, $df = 1$, $P = 7.37$). La misma prueba se aplicó para

analizar las abundancias máximas mensuales de la especie por método de monitoreo, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis por método de monitoreo de la guacamaya verde durante el ciclo anual 1998-1999.

Método	df, N	<i>H</i>	<i>P</i>
Estación monitoreo	9, 10	12.769	0.173
Transecto	9, 10	16.875	0.051

Abundancia por sitio

En la unidad de Santiaguillo se registró la mayor abundancia de guacamayas; tanto por transecto (t) $n = 55$ individuos, como por estación de monitoreo (em) $n = 57$. Así como también el valor máximo observado de guacamaya de manera simultanea, $n = 33$ individuos, en el mes de noviembre. Así también en este mes, se presentaron grupos importantes de guacamayas La Seca ($n = 13$) y La Candelaria ($n = 17$). La unidad con menos presencia de las aves fue Santa Ana, con sólo $n = 9$ individuos registrados con el método de transecto y $n = 28$ con el de estación de monitoreo (Cuadro 12).

Al analizar los registros de abundancia con respecto al factor tiempo, se encontraron diferencias significativas entre los meses de monitoreo (Kruskall-Wallis= 23.534, $df = 9$, $P = 0.005$). Sin embargo, al comparar los valores de la mediana no se encontraron diferencias significativas, sólo tendencias entre los valores. No obstante, el mes de noviembre registró la mayor abundancia de aves acumulada para el área ($n = 93$) y en marzo se detectó el menor número de guacamayas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Número máximo de guacamaya verde registrado por sitio, mes y método.

Unidad	La Seca		Santiagoullo		La Candelaria		Santa Ana		El Palmar		Total
	t	em	t	em	t	em	t	em	t	em	
Mayo	2	10	4	12	8	1	0	2	9	2	50
Julio	2	2	2	6	2	5	1	0	3	2	25
Agosto	4	0	-	9	6	9	-	-	16	16	60
Septiembre	2	1	-	3	4	0	0	2	2	0	14
Octubre	2	8	0	11	0	-	-	2	0	2	25
Noviembre	13	9	33	13	17	0	0	2	6	-	93
Diciembre	0	-	16	-	2	-	-	4	16	1	39
Enero	0	-	0	-	7	0	8	16	2	-	33
Febrero	3	14	0	3	2	0	0	0	0	0	22
Marzo	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	4
Total	28	44	55	57	50	15	9	28	54	25	365

^t transecto; ^{em} estación de monitoreo; - sin inspección

Para identificar posibles diferencias en las abundancias máximas mensuales de la guacamaya se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman que evidenció diferencias significativas relacionadas a las características físicas de las unidades de monitoreo, particularmente con los valores más altos de la pendiente del terreno ($r^2=0.825$; $P \leq 0.001$; $n=40$) y del gradiente altitudinal ($r^2=0.344$; $P \leq 0.0299$; $n=40$), característicos de las unidades antes mencionadas; la Figura 7 ilustra la abundancia de la especie en los sitios,

Santiaguillo y El Palmar fueron los sitios más frecuentados por los grupos de guacamaya verde, ambas se caracterizan por presentar topografía accidentada (Cuadro 7).

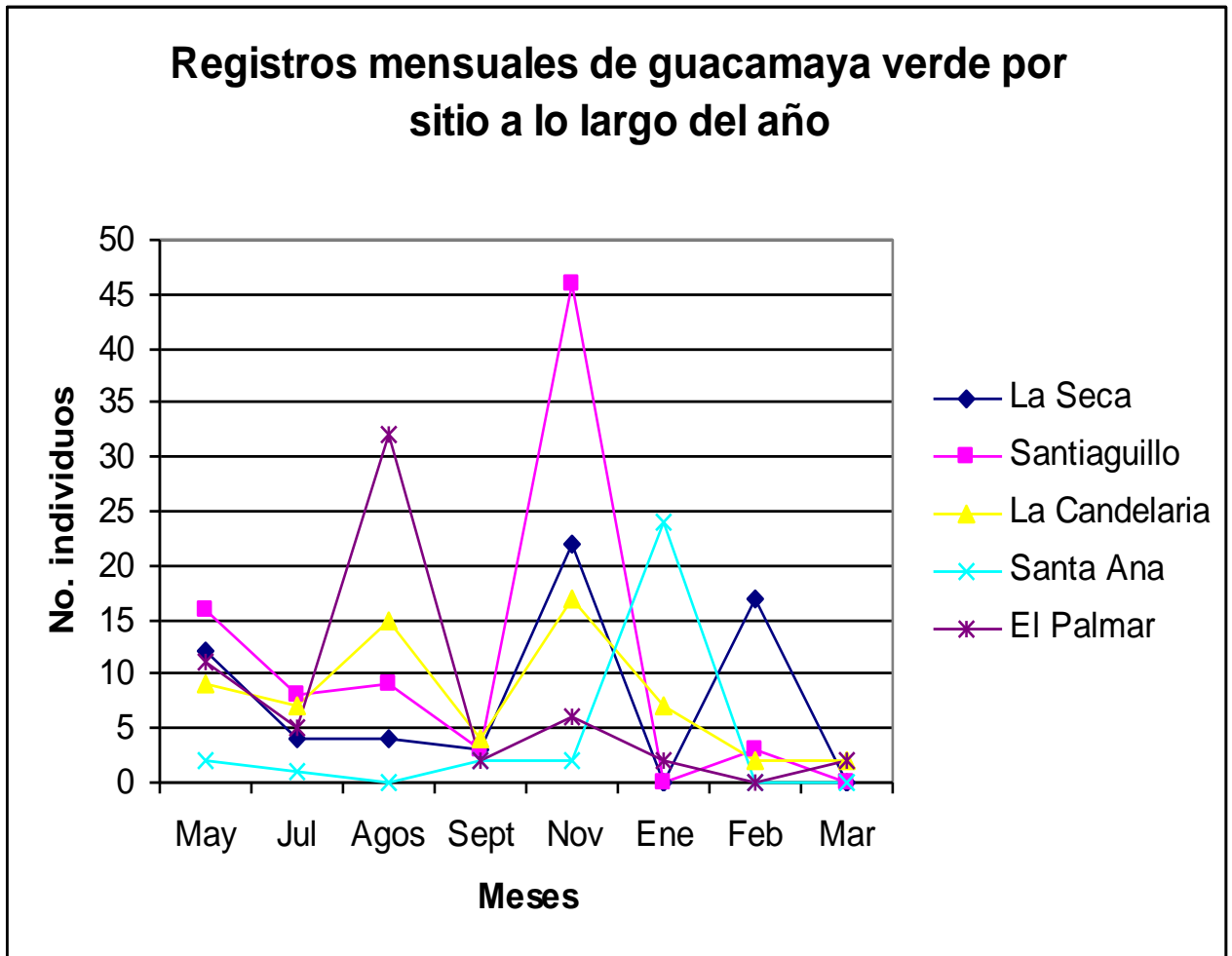


Figura 7. Registro del número máximo guacamayas observadas en los sitios de ladera a lo largo del ciclo anual de mayo 1998 a marzo 1999.

Densidad aparente de guacamaya verde

El número máximo de guacamayas observadas durante la investigación se presentó en el mes de noviembre y fue de 39 individuos registrados en las laderas de Santiguillo ($n = 33$) y El Palmar ($n = 6$), ambos grupos fueron detectados simultáneamente sin riesgo de recuento en un rango de distribución geográfica que integró las cinco unidades de la zona de ladera (5,000 ha). Con estos datos se estimó una densidad aparente o momentánea de treinta y nueve guacamayas verdes en cincuenta kilómetros cuadrados, o bien, de 0.78 individuos/km² aproximadamente.

3.2.3 Abundancia de la guacamaya verde con respecto a su ciclo biológico.

Etapa reproductiva y pos-reproductiva

En la zona de ladera la abundancia de guacamayas verdes exhibió diferentes tendencias entre los meses que duró la investigación. Durante la temporada reproductiva de 1998-1999, se observaron parejas en los riscos y paredones que desplegaron conductas reproductivas (Cuadro 13). Con esta información, más la recabada con los lugareños que alguna vez saqueron nidos y el referente de la reproducción en cautiverio de ejemplares de guacamaya verde en zoológico locales, fue posible identificar eventos que conforman el ciclo reproductivo de la guacamaya verde en Cosalá, abarcando los meses de primavera y verano (Cuadro 13). Posterior a esta temporada reproductiva fue posible observar evidencias que fortalecieron la definición de la temporada reproductiva de manera general. Durante los años de 1998 a 2013 se observaron anualmente entre 3 y 6 parejas desplegando comportamientos reproductivos. En los meses de marzo a mayo se registró el cortejo y la cópula entre los individuos; de mayo a julio se vió a los pollos asomándose por las oquedades de los paredones en espera de los padres, y en los meses posteriores volando los

padres junto con los volantones. Se dio seguimiento a la reproducción en cautiverio de 5 parejas de guacamayas dentro de la Reserva Ecológica se durante los años de 2006 al 2013 y los eventos identificados coincidieron con los observados en los ejemplares de vida libre durante la presente investigación (Rubio *et al.*, 2012).

Cuadro13. Ciclo reproductivo identificado para la guacamaya verde en Cosalá, Sinaloa.

Evento	Meses
Cortejo	Marzo a mayo
Cópula	Abril-Mayo
Selección de cavidades	Mayo
Incubación de huevos (23 días)	Mayo-Junio
Pichones en nido	Mayo-Julio
Volantones salen de nido	Julio-Agosto

El siguiente Cuadro 14 resume la abundancia de guacamayas de acuerdo a la época del año: reproductiva (mayo a septiembre) y post-reproductiva (noviembre-marzo). El pico máximo poblacional se observó en noviembre, durante la etapa post-reproductiva, con noventa y tres registros de guacamayas y el mínimo de registros se dio en marzo con cuatro individuos (Figura 7).

Cuadro 14. Número de guacamayas verdes registradas en las dos etapas de su ciclo de vida en Cosalá Sinaloa durante el periodo de 1998-1999.

Unidad/Mes	May	Jul	Agos	Sept	Nov	Ene	Feb	Mar	Total
La Seca	12	4	4	3	22	0	17	0	62
Santiaguillo	16	8	9	3	46	0	3	0	85
La Candelaria	9	7	15	4	17	7	2	2	63
Santa Ana	2	1	0	2	2	24	0	0	31
El Palmar	11	5	32	2	6	2	0	2	60
Total	50	25	60	14	93	33	22	4	301
	Meses de reproducción				Meses post- reproductivos				

Se encontraron diferencias significativas entre los valores de abundancias en el transcurso de los meses reproductivos y post-reproductivos (ANOVA Kruskal-Wallis = 7.703; $gl = 1$, 80; $P = 0.006$). Aún con las diferencias observadas en el registro de abundancia de las aves en los sitios a lo largo del año (Cuadros 14), la prueba de igualdad de valores de la mediana señaló que no hay diferencias significativas debido a la gran variación entre los valores de los rangos. La variación existente entre los registros de abundancia es muy grande a lo largo de los meses del ciclo anual (Cuadro 12) (ANOVA de Kruskal-Wallis = 31.974, $df = 19$, $P = 0.031$). El número total de guacamayas observadas para la época reproductiva fue de 149 individuos y para la no reproductiva 152 (Cuadro 15).

Cuadro 15. Número total y promedios de individuos observados por época

Época	N	Promedio de frecuencia
Reproductiva	149	37.25 ± 2.12
Post-reproductiva	152	38.00 ± 18.51

Frecuencias de categorías de avistamientos de la guacamaya verde

Durante la investigación se registraron en total 56 individuos solitarios, 91 parejas y 23 grupos; comparando entre las épocas reproductiva y no reproductiva, para la primera se detectó un mayor número de parejas (n=52) con respecto al resto de grupos observados de 29 solitarios y 9 grupos. En cambio, para el periodo no reproductivo o pos-reproductivo disminuyó el número de parejas a 39, los grupos aumentaron a 14 y los registros individuales prácticamente se mantuvieron con 27 individuos registrados (Figura 8).

Frecuencia observada de categorías por temporada ciclo 1998-1999 en la zona de ladera

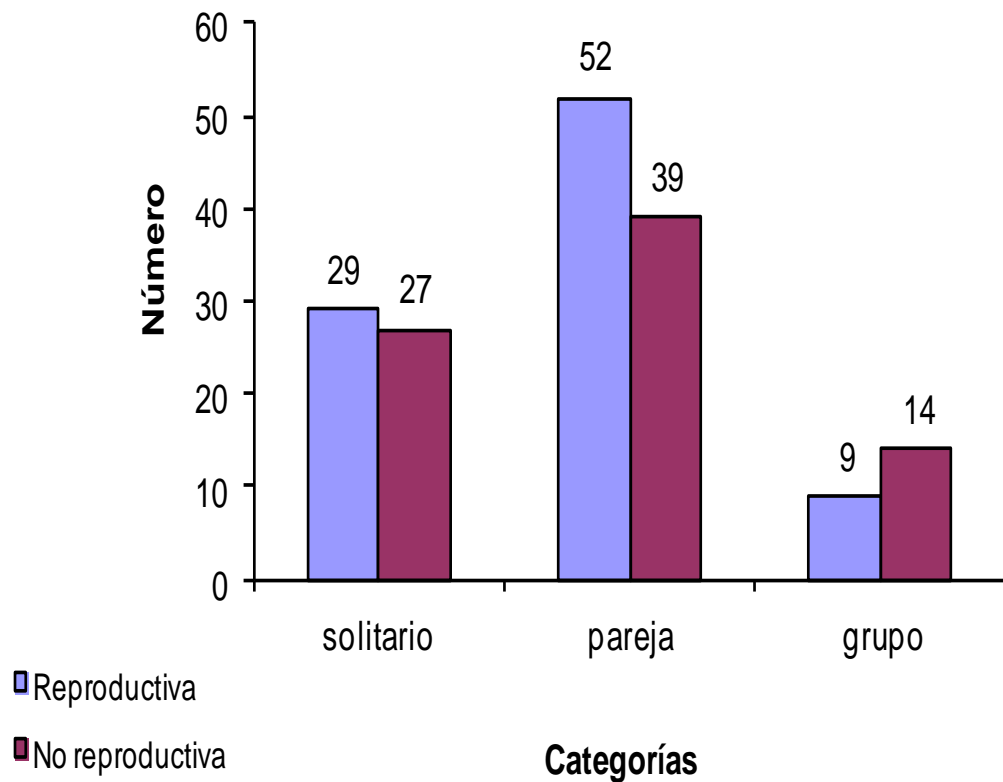


Figura 8. Frecuencia de categorías o grupos de avistamientos de guacamaya verde por temporada en Cosalá.

Los análisis estadísticos no arrojaron diferencias significativas entre las categorías de guacamaya verde registradas para cada época del año (Kruskall-Wallis = 1.7351, $df = 1$, P

= 0.1878) aún cuando se pueden observar gráficamente diferencias entre las parejas detectadas durante el periodo reproductivo (Figuras 8) o entre los individuos y grupos distribuidos entre abril y marzo del ciclo 1998-1999 (Figura 9).

Frecuencia de categorías

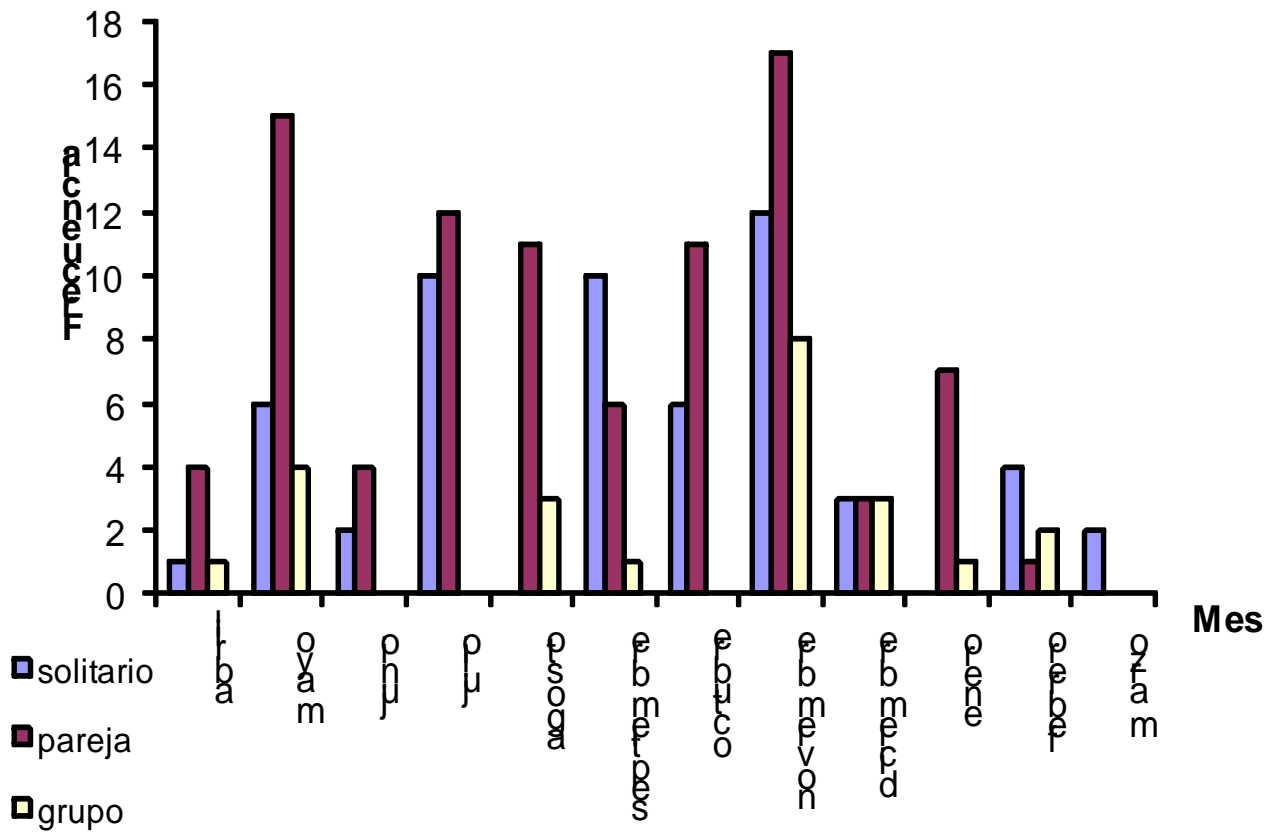


Figura 9. Distribución de las frecuencias de categorías a lo largo del año.

Los valores promedio de individuos registrados en Cosalá a lo largo del ciclo biológico del ave son, para la reproductiva de 2.66 individuos y para la no reproductiva 3.82 individuos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Promedios de individuos observados por época.

Época	Promedio de individuos	Varianza	Valor máximo	Valor Mínimo
Reproductiva	2.661 \pm 2.823	7.97	16	1
No reproductiva	3.822 \pm 4.648	21.61	24	1

3.3 Preferencias de hábitat de la guacamaya verde en Cosalá

3.3.1 Abundancia de individuos y uso de hábitat

La mayor presencia de la especie se observó en los sitios de ladera, 522 guacamayas verdes; Santiaguillo fue el sitio que acumuló el mayor número de individuos con 182 individuos y Santa Ana registró la menor presencia con 45 aves; en el pie de monte del área de estudio sólo se observaron siete individuos, cinco en Los Braceros y Agua Fría con con dos (Figura 10).

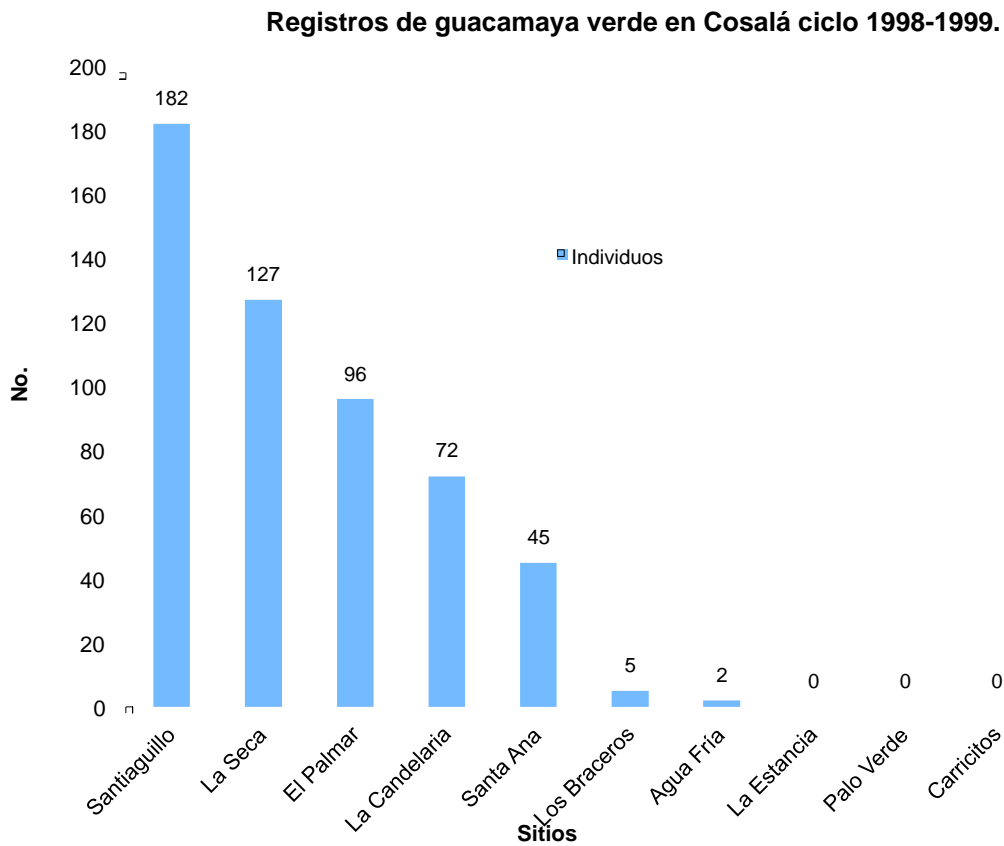


Figura 10. Número de individuos registrados en Cosalá; las primeras cinco unidades corresponden a la zona de ladera y el resto a la zona de pie de monte.

Para identificar posibles diferencias en los registros de abundancia de guacamayas en los sitios de ladera se aplicaron pruebas estadísticas; las cuales arrojaron diferencias significativas (Kruskall Wallis = 11.207, $df = 4$, $P = 0.024$), por lo que se infiere que algunos sitios están siendo más utilizados que otros. Las diferencias que marca la prueba estadística están por lo menos entre Santa Ana ($n = 45$) y La Seca ($n = 127$), el primero fue en donde se observaron menos aves.

3.3.2 Disponibilidad de recursos alimenticios para la guacamaya verde en Cosalá.

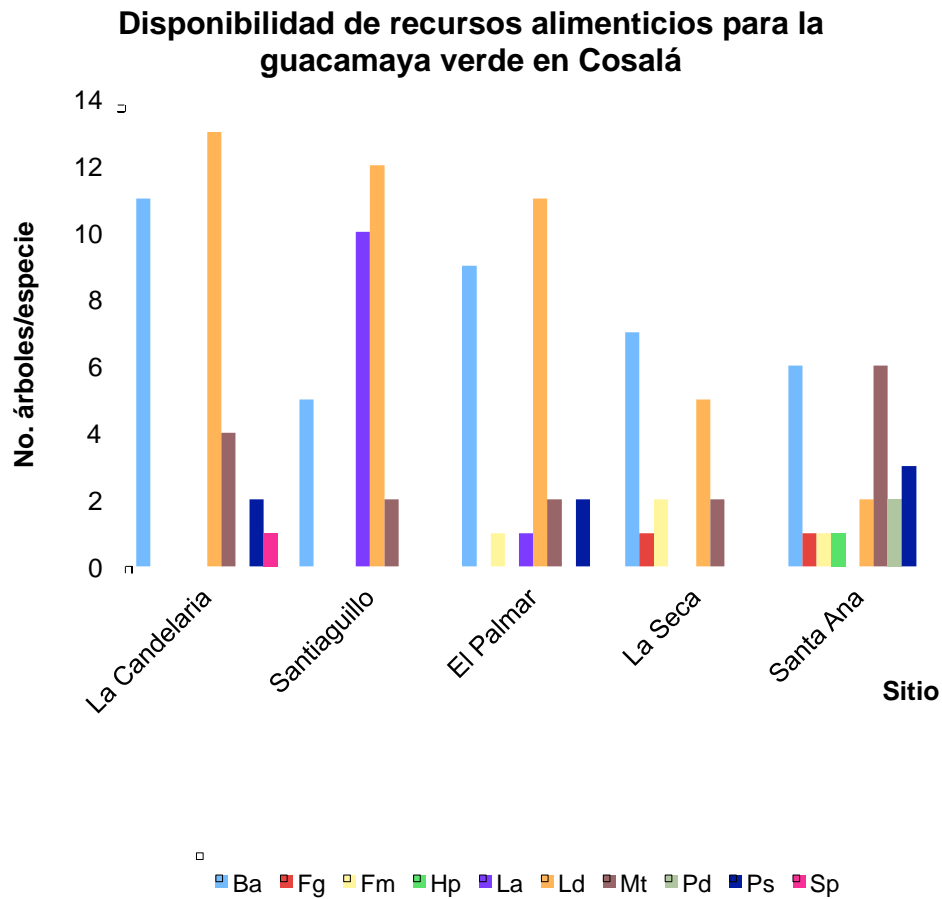
A lo largo del año se observó que la guacamaya verde se alimenta de frutos provenientes de 10 especies de árboles, entre estas se registró el consumo de los frutos *Brosimum alicastrum* y *Hura polyandra* (Loza, 1997; Rivera, 2014). Ambas especies fueron censadas y se identificó la fenofase de los árboles con la finalidad de relacionar la disponibilidad del recurso con la distribución y abundancia del ave. Se logró constatar el consumo de los frutos por la guacamaya verde durante durante la época de fructificación, que contempla los tres primeros meses del año. También se observó que a lo largo del año, las aves consumen los frutos y semillas de ocho especies más del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio: *Lysiloma acapulcensis*, *L. microphyllum*, *Maclura tinctoria*, *Ficus glaucescens*, *F. mexicana*, *Psidium sartorianum*, *Sideroxylon persimile* y *Pithecellobium dulce* (Cuadro 17).

Cuadro 17. Abundancia de árboles que proporcionan recursos alimenticios a la guacamaya verde en Cosalá.

Especie/Unidad	Santiaguillo	La Seca	El Palmar	La Candelaria	Santa Ana	Total
<i>Lysiloma microphyllum</i>	12	5	11	13	2	43
<i>Brosimum alicastrum</i>	5	7	9	11	6	38
<i>Maclura tinctoria</i>	2	2	2	4	6	16
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	10		1			11
<i>Psidium sartorianum</i>			2	2	3	7
<i>Ficus mexicana</i>		2	1		1	4
<i>Ficus glaucescens</i>		1			1	2
<i>Pithecellobium dulce</i>					2	2
<i>Hura polyandra</i>					1	1
<i>Sideroxylon persimile</i>				1		1
Total individuos	29	17	26	31	22	125

De las especies arbóreas identificadas como recursos alimenticios de la guacamaya verde en Cosalá, las más abundantes fueron *L. microphyllum* (mauto), *B. alicastrum* (apomo o ramón), *M. tinctoria* (mora) y *L. acapulcensis* (tepehuaje). Otro de los recursos consumidos por las guacamaya verde y registrado en el área de estudio *H. Polyandra* (haba) (Loza, 1997); esta especie fue interceptada sólo una vez durante los muestreos de campo (Cuadro 17), sin embargo se observaron importantes manchones distribuidos en las cañadas del área.

La Candelaria y Santiaguillo presentaron el mayor número de árboles, ($n = 31$) y ($n = 29$), integrados en cuatro y cinco especie respectivamente, por el contrario, Santa Ana registró el menor número de árboles alimenticios distribuidos en una mayor riqueza de especies arbóreas alimenticias ($n = 8$), pero con una menor abundancia relativa por especie. La Candelaria ofrece la mayor disponibilidad del recurso *B. alicastrum* que junto con *H. polyandra* son la base de la dieta del psitácido en la región durante los primeros meses del año (Cuadro 17, Figura 11).



Abreviaturas de los nombres técnicos de las especies de árboles:

(Ba) <i>Brosimum alicastrum</i>	(Ld) <i>Lysiloma microphyllum</i>
(Fg) <i>Ficus glaucescens</i>	(Mt) <i>Maclura tinctoria</i>
(Fm) <i>Ficus mexicana</i>	(Pd) <i>Pithecellobium dulce</i>
(Hp) <i>Hura polyandra</i>	(Ps) <i>Psidium sartorianum</i>
(La) <i>Lysiloma acapulcensis</i>	(Sp) <i>Sideroxylon persimile</i>

Figura 11. Riqueza y abundancia de los recursos alimenticios en Cosalá registradas en el ciclo 1998-1999.

Periodos de fructificación de los árboles usados como alimento

Durante todo el año la guacamaya verde dispone de recursos alimenticios provenientes de al menos diez especies de árboles como *H. polyandra*, *B. alicastrum*, *L. microphyllum* entre otros que vienen señalados en el Cuadro 17. Algunas con periodos prolongados o asíncronos de fructificación, el Cuadro 18 señala los períodos de fructificación de las 10 especies que proporcionan alimento a las poblaciones de la guacamaya verde en Cosalá.

Cuadro 18. Temporadas de fructificación de las especies vegetales que constituyen los recursos disponibles para la guacamaya verde en Cosalá.

Especies	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<i>Psidium sartorianum</i> ¹	*	*	*								*	*
<i>Brosimum alicastrum</i> ¹	*	*	*									
<i>Hura polyandra</i> ₁	*	*	*	*	*						*	*
<i>Pithecellobium dulce</i> ²		*	*	*								
<i>Lysiloma microphyllum</i> ²		*	*	*								
<i>Sideroxylon persimile</i> ¹				*	*							
<i>Ficus glaucescens</i> ¹				*	*							
<i>Maclura tinctoria</i> ²					*	*	*	*	*			
<i>Lysiloma acapulcensis</i> ²	*	*	*	*	*	*					*	*
<i>Ficus mexicana</i> ¹	*				*	*	*			*	*	*

¹Especie característica del bosque tropical subcaducifolio. ²Especie del bosque tropical caducifolio

Seis de las especies de árboles corresponden al bosque tropical subcaducifolio y cuatro al bosque caducifolio, de estas algunas presentan traslape en los periodos fructificación, como son *L. acapulcensis*, *H. Polyandra*, *P. sartorianum* y *B. alicastrum*. Los árboles de *L. acapulcensis* registraron un rango de fructificación de hasta ocho meses (noviembre-junio); para *H. polyandra* de cuatro meses a principios de año; *B. alicastrum* fructifica marcadamente entre enero y marzo, y las especies del género *Ficus* producen frutos en diferentes épocas del año, siendo más conspicuos durante el periodo de estiaje, noviembre-mayo.

3.3.3 Recursos alimenticios y preferencias de la guacamaya verde

La distribución de la guacamaya verde en Cosalá es heterogénea, y al parecer está relacionada con las condiciones físicas de sitio. En Santiaguillo se localizaron las pendientes mayores de terreno y uno de los valores más altos del gradiente altitudinal. Se identificó una correlación positiva entre la distribución de los árboles que proporcionan recursos alimenticios a la guacamaya con respecto a las pendientes ($r^2=0.354$; $P \leq 0.0255$; $n=40$) y al gradiente altitudinal ($r^2=0.860$; $P \leq 0.001$; $n=40$), según el coeficiente de correlación de Spearman. Durante los meses enero a mayo (estiaje) se presentan los picos de mayor disposición de alimento; fructifican al menos cuatro especies del bosque tropical subcaducifolio (*P. sartorianum*, *B. alicastrum*, *H. polyandra*, *F. mexicana*) y tres del caducifolio (*P. dulce*, *L. microphyllum*, *L. acapulcensis*). Entre febrero y marzo se dió el pico máximo de fructificación *H. polyandra* y *B. alicastrum*; esta disponibilidad de recurso coincide con el inicio de la temporada reproductiva de la guacamaya verde, entre marzo y abril. Sin embargo, el pico máximo de recursos alimenticios y la abundancia

máxima de guacamaya no son coincidentes (Figura 12), según la correlación de Spearman definida entre las dos variables ($r^2 = -0.700$; $P \leq 0.001$; $n=40$).

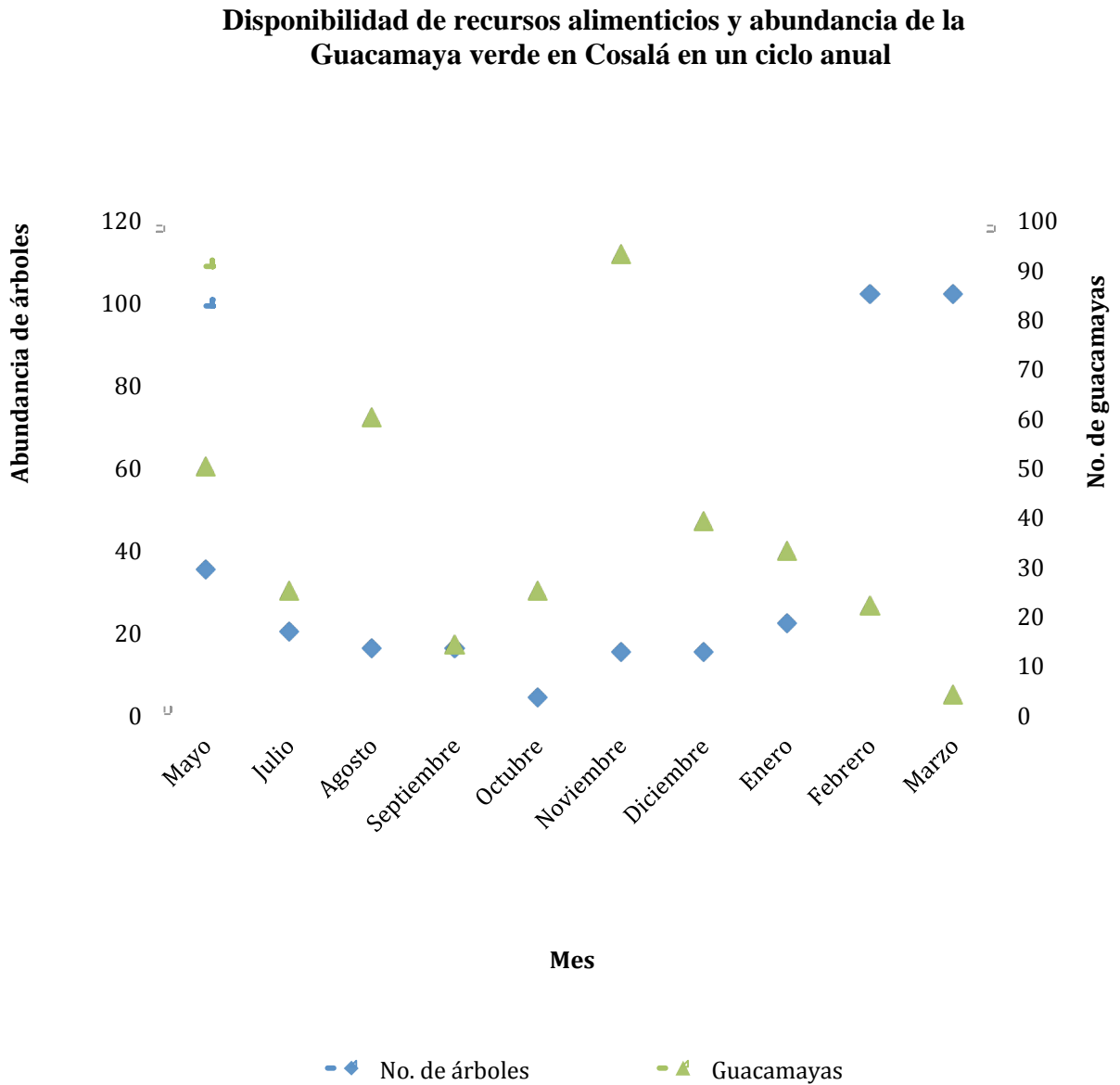


Figura 12. Disponibilidad de árboles fructificando y abundancia de guacamaya verde en el ciclo de mayo de 1998 a marzo de 1999 en Cosalá, Sinaloa.

También se aplicó un análisis de regresión lineal entre la abundancia de la guacamaya verde con respecto a la abundancia de árboles que son recursos alimenticios disponibles en el área con el propósito identificar posibles relaciones. Sin embargo, no se logró un ajuste entre las variables que definen la recta del modelo como se puede observar en la curva de regresión ajustada con un valor de solo $R^2 = 0.0819$ (Figura 13). En este caso la abundancia de las guacamayas no depende del número de árboles alimenticios disponibles, solo se explica en porcentaje muy bajo (8%).

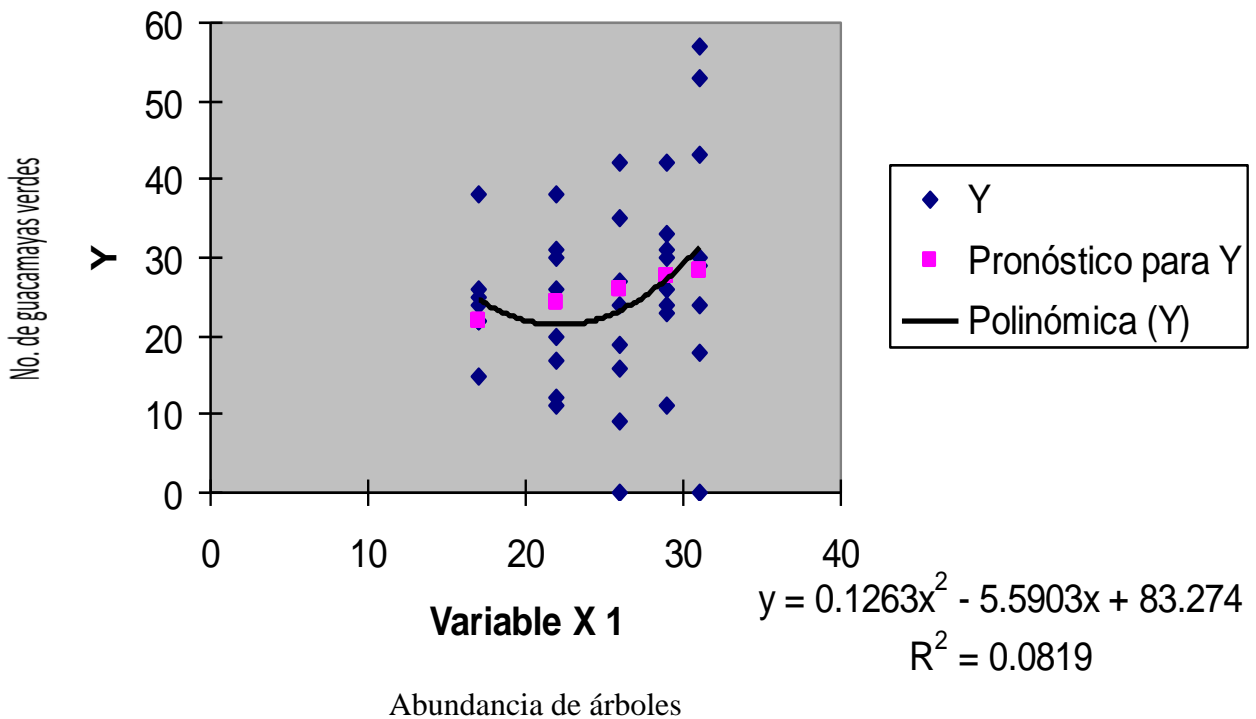


Figura 13. Relación entre la abundancia de guacamaya con respecto a la disponibilidad de árboles que proporcionan recursos alimenticios al periodo de mayo de 1998 a marzo de 1999.

3.3.4. Características de hábitat y preferencias de la guacamaya verde

Se llevó a cabo un segundo análisis discriminante para las cinco unidades de ladera con el propósito de identificar qué atributos de los árboles están caracterizando a las unidades; esto permitió agrupar e identificar las unidades y observar cómo se relacionan entre ellas. Las dos primeras funciones discriminantes están explicando más del 70% de la variación existente en las unidades (Cuadro 19). Dos funciones son significativas y comprenden la variación existente de los datos (Wilks-Lambda 1 y 4 $WL = 0.162$, $X^2 = 74.63$, g.l. 52, $P \leq 0.021$). Se identificó que la altura (promedio y mínima), los valores máximo del área basal y la cobertura individual de los árboles definen la estructura de los sitios (Cuadro 20, Anexo 2).

Cuadro 19. Valores obtenidos del análisis de discriminantes para las unidades de ladera en Cosalá.

Función	Eigenvalor	% de variación	% Acumulado	Correlación canónica
1	1.116(a)	45.5	45.5	.726
2	.621(a)	25.3	70.8	.619
3	.571(a)	23.3	94.1	.603
4	.145(a)	5.9	100.0	.356

Cuadro 20. Correlaciones entre las variables de los árboles de las unidades de ladera y las funciones discriminantes. Las variables se ordenaron por la magnitud de su correlación entre las funciones.

Variables	Función			
	1	2	3	4
Altura promedio	-.120(*)	.030	.007	.116
Altura máxima	-.076(*)	.052	-.067	-.030
Área basal máxima	.109	.276(*)	.104	-.262
Área basal	.087	.258(*)	.030	-.147
Dap máximo	.040	.222(*)	.173	-.113
Dap promedio	.024	.185(*)	.134	.048
Cobertura individual máxima	-.044	.115	-.348(*)	.072
Cobertura promedio	-.087	.041	.112(*)	.104
Cobertura individual promedio	-.069	.054	-.086(*)	.072
Altura mínima	-.155	.181	.041	.413(*)
Total de individuos	.158	.025	-.023	-.275(*)
Dap mínimo	-.002	.099	.043	.256(*)
Cobertura individual mínima	-.045	.002	-.083	.209(*)
Área basal mínima	-.001	.090	-.162	.200(*)

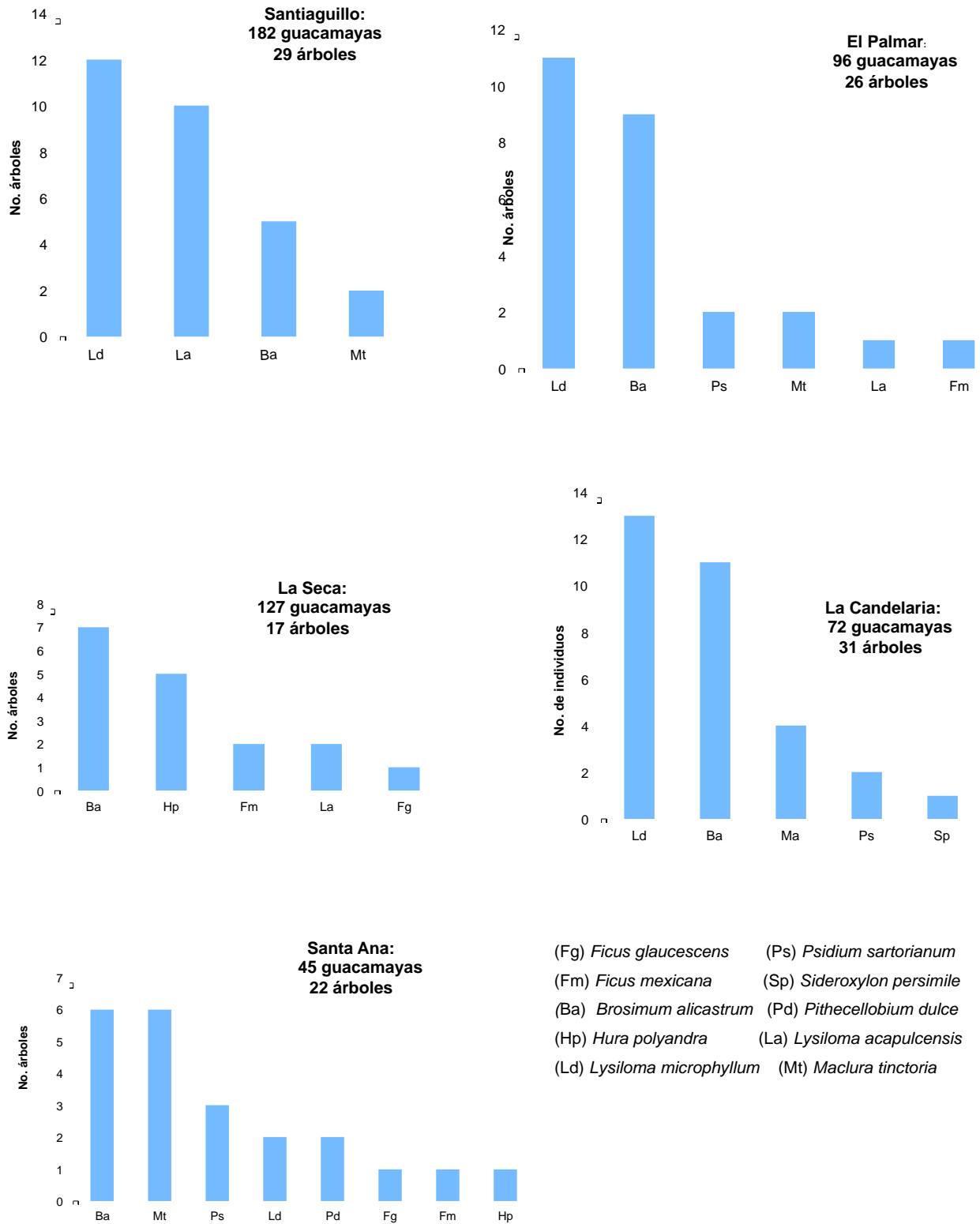
* Son los valores más grandes de correlación entre las variables y las funciones discriminantes.

Correlación entre las características de los sitios y la presencia de guacamaya verde

Los valores de abundancia promedio de la guacamaya verde en los sitios, está relacionada positivamente con los valores de la pendiente del terreno ($r^2=0.825$; $P\leq 0.001$; $n = 40$) y con la riqueza de especies de árboles alimenticios ($r^2 = 0.750$; $P\leq 0.001$; $n=40$). Esto explica la mayor cantidad de aves registradas en Santiaguillo ($n = 182$), en este sitio se encuentran las pendientes más pronunciadas del terreno (23°) y la mayor disposición los recursos alimenticios; 29 árboles de las especies *L. microphyllum*, *L. acapulcensis*, *B. alicastrum* y *M. tinctoria*, que proporcionan frutos y semillas a lo largo del año (Figura 14, Cuadro 18).

La Candelaria registró la mayor cantidad de árboles que proporcionan recursos alimenticios disponibles para la población de guacamaya verde en la región ($n = 31$), la riqueza que concentra estos árboles es igual a la de La Seca ($R = 5$), sitio que registró mayor número guacamayas ($n = 127$) con respecto a La Candelaria ($n = 72$). En El Palmar la riqueza de árboles alimenticios fue de seis ($R = 6$) distribuida entre los 26 árboles en pie y una abundancia de $n = 96$ guacamayas; y Santa Ana con la menor abundancia de recursos disponibles ($n = 22$) registró el menor número de aves ($n = 45$) (Figura 14, Cuadro 7).

Figura 14. Disponibilidad de recursos alimenticios para la guacamaya verde en los sitios de ladera en Cosalá durante el ciclo 1998-1999.



3.4 Sitios de nidificación para la guacamaya verde en Cosalá

3.4.1 Árboles que constituyen sitios potenciales de nidificación.

Se examinaron árboles donde potencialmente anida la guacamaya verde, para ello se consideraron las características mínimas de ocupación señaladas por Carreón (1997) en los bosques tropicales de Jalisco: altura mínima de 16 m y 68 cm de DAP. Entre las especies estudiadas están *B. simaruba*, *B. alicastrum*, *Sideroxylon spp* y especies del género *Ficus spp.*, pero no fue posible hallar ejemplares de estas especies ocupados por guacamaya. En cambio, si se encontraron cavidades ocupadas de *B. alicastrum* y *B. simaruba* ocupadas por otros psitácidos, *A. finschi* (loro corona lila) y *A. albifrons* (loro frente blanca).

El Cuadro 21 permite hacer comparaciones entre los árboles de Sinaloa y Jalisco; en la primera región se ubicaron ejemplares de menor altura en promedio y con mayor área basal. La excepción fue *B. alicastrum* que registró valores mayores de altura y DAP, superando los ejemplares encontrados para Jalisco, esta especie es de las más abundantes de Cosalá y considerando los valores de su área basal y cobertura, es una las especies con mayor índice de valor importancia en Cosalá (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 21. Comparación de los árboles del bosque tropical seco que representan recursos de anidación para la guacamaya verde en dos sitios de la vertiente del Pacífico.

Especie	Sinaloa anidación potencial		Jalisco anidación real (Carreón, 1997)	
	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)
<i>Bursera simaruba</i>	15.2	97.2	27.7	67.7
<i>Brosimum alicastrum</i>	22.2	156.3	21	98.6
<i>Sideroxylon spp</i>	18	230	22.5	180.3

3.4.2 Sitios de anidación en paredones de cerros y parejas reproductivas

Los sitios de anidación para la guacamaya verde en Cosalá están en oquedades de los paredones de cerros más altos Cosalá. Igual que en las cañadas oaxaqueñas, se encontraron parejas ocupando las cavidades y desplagando conducta territorial (inspección de oquedades y defensa de territorio) en el inicio de la época reproductiva (abril-mayo). (Reyes, 2007; Rivera *et al.*, 2008; Rivera, 2014). Las personas residentes proporcionaron información valiosa que coincidió con los datos y evidencias encontradas referentes a la utilización de los riscos como sitios de anidación durante la época reproductiva. Durante la investigación se logró registrar datos para dos temporadas reproductivas (1998 y 1999). Se observó a 6 parejas de guacamaya verde utilizando las oquedades de uno de los riscos más alto de la región (860 msnm), conocido como el Cerro Colorado localizado en Santiaguillo (latitud norte 24°24'30" y longitud oeste 106°35'00"). En mayo de 1998, seis parejas desplegaron conducta de territorialidad y de reconocimiento de pareja (acicalamiento). Se les observó entrar y salir de las oquedades que conforman la ladera del cerro antes mencionado, donde la pendiente de la ladera es de casi los 90° lo que les proporciona seguridad ante posibles depredadores (serpientes, aves rapaces y hasta el saqueo por parte de humanos). Tras largos periodos de observación y con la ayuda de un telescopio, se logró identificar que dos parejas anidaron en el paredón y quizá reclutaron por lo menos cuatro individuos más a la población local. En la zona de pie de monte no hay cerros con laderas pronunciadas que posibiliten la presencia de aves anidando. Sólo dos personas de 15 entrevistadas (Anexo 3) mencionaron un par de hechos históricos de la anidación de guacamaya verde en el interior de los troncos de las higueras (*Ficus spp*), esto hace cuarenta años atrás aproximadamente.

4. DISCUSIÓN

4.1 Estructura y diversidad vegetal del hábitat de la guacamaya verde en Cosalá

Este estudio ha generado información que permitió identificar algunos patrones entre la presencia de la guacamaya verde y los componentes biológicos (vegetación) y los físicos (características del terreno) (Mueller y Ellenberg 1974; Ratti y Garton 1997). Se identificó la abundancia mayor de guacamaya verde se encontró en los sitios más con mayor riqueza, con árboles más altos y de mayor cobertura, este patrón ha sido identificado en otras investigaciones para México, (Morales, 2005; Carreón, 2006, Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014).

4.1.1 Composición florística; familias, géneros y especies

Se encontraron las familias más representativas del bosque tropical seco en la zona de estudio: *Mimosaceae*, *Moraceae*, *Fabaceae* y *Euphorbiaceae* coincidiendo esta diversidad con la registrada en otros bosques secos de México y Sudamérica (Gentry, 1995; Trejo, 1998; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014). Una familia particularmente relevante en la zona fue *Moraceae*, destacando *B. alicastrum* y cuatro especies del género *Ficus*, especies claves por su contribución en los ecosistemas (Estrada y Coates-Estrada 2003), que proporcionaron recursos alimenticios a la guacamaya verde y otras especies de aves, coincidiendo con lo reportado por otros autores (Loza, 1997; Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014). En Cosalá dos especies de la familia *Mimosaceae* presentaron agundancias importantes de *L. microphyllum* y *P. mangense*.

La riqueza de géneros registrada para Cosalá es equiparable a la encontrada en otros bosques tropicales secos de México, entre los géneros compartidos encontramos *Acacia*, *Bursera*, *Lysiloma*, *Zanthoxylum*, *Lonchocarpus*, *Ipomoea*, y *Caesalpinia* (Gentry, 1995;

Trejo, 2010; Rivera *et al.*, 2013). Las especies arbóreas que caracterizan la composición florística y que definen en gran parte la estructura de la vegetación y la fisionomía del paisaje son: *H. brasiletto*, *L. microphyllum*, *T. amygdalifolia*, *I. arborescens*, *G. ulmifolia*, *P. mangense*, *B. alicastrum* y *Bursera spp.* (Vega *et al.*, 1989; Pennington y Sarukhán, 2005; Vega y Villaseñor, 2008; Rivera, 2014), estas especies constituyen alimento para las guacamayas verdes y otros psitácidos (Renton 2001; Salinas, 2003; Morales, 2005). En las cañadas dominan grandes árboles del bosque tropical subcaducifolio como las higueras o matapalos (*F. mexicana*, *F. glaucescens*) y el palo mulato (*B. simaruba*), y en los sitios de pie de monte dominaron leguminosas, entre las más comunes están *L. microphyllum* y *H. Brasiletto* (Rzedowski, 1994),.

4.1.2 Atributos de la vegetación

Índices de diversidad

Las principales diferencias entre los sitios de ladera y pie de monte se centra en características estructurales como las alturas (promedio, máxima, mínima) y el DAP de los árboles (Cuadro 7), como se esperaba, las unidades más conservadas presentaron valores más altos en los atributos de la vegetación (Janzen, 1986; Maass, 1995) incluyendo el índice de diversidad.

Los índices de diversidad en Cosalá fueron altos en relación a los valores que asume el índice de diversidad de Shannon-Wiener (1.5 a 3.5) (Magurran, 1988, 2004). En los sitios de ladera con una mayor riqueza y abundancia de árboles casi todos los valores estuvieron sobre los 3.5; en cambio en los sitios de pie de monte la diversidad fue mucho menor ya que el bosque natural fue sustituido en gran medida por cultivos de cereales, pastos inducidos y vegetación secundaria (*Acacia spp.*).

Los índices de diversidad más altos se presentaron en las laderas de Santiguillo y de La Candelaria, sitios donde la abundancia de guacamaya verde fue mayor, aquí el bosque original cubre casi en su totalidad a las unidades de monitoreo. La abundancia de grandes árboles de los géneros *Ficus*, *Bursera* y *Brosimum* influye en valor del índice diversidad de Shannon-Wiener, que de acuerdo a Magurran (1988) este da mayor peso a las especies que son dominantes por su cobertura o área basal.

4.1.3 Estructura y atributos de la vegetación y caracterización de los sitios ladera

La estimación del Índice del Valor de Importancia (IVI) para la zona de ladera permitió distinguir las especies dominantes en función del área basal y la cobertura foliar (Pérez, 1986; Rangel *et al.*, 1997). En los bosques de Cosalá los árboles de gran tamaño que caracterizan la fisonomía del paisaje son fácilmente identificados por su altura, entre ellos están *F. cotinifolia*, *F. mexicana* y *B. alicastrum*, que también presentaron los valores más alto de IVI considerando su área basal. En tanto que la dominancia de *L. microphyllum* y *H. brasiletto* se dio en función de su cobertura foliar

La unidad El Palmar presentó el valor más alto en promedio de dosel y uno de los valores en promedio más altos de DAP. La presencia de árboles más altos, *B. alicastrum*, *B. simaruba* y *Ficus spp*, explica estos valores altos. El índice de diversidad y de área basal más altos se obtuvieron para Santiaguillo donde se localizan las laderas más pronunciadas y una importante abundancia de árboles.

La Candelaria y La Seca tuvieron los valores más altos de cobertura, en La Seca las especies más abundantes fueron *T. amygdalifolia* e *I. arborescens*, especies que presentaron los valores más grandes del IVI. La primer especie fue una de las más abundantes en sitios de estudio y fue identificada como elemento de vegetación secundaria, generalmente

ramifica desde la base y su arquitectura es típicamente arbustiva (Gentry, 1995), no constituye recurso de percha o de alimentación para la guacamaya verde pero sí para loros (*Amazona spp.*), pericos (*Aratinga canicularis* (Linné) y otras aves. La abundancia de *T. amygdalifolia* en los sitios de ladera permitió acumular una mayor área foliar lo que contribuyó a que en algunos sitios, como La Seca, tuvieran un alto IVI. La presencia de grandes parches de *T. amygdalifolia* en la unidad La Seca es el resultado del impacto de actividades productivas. En este sitio se construyó y operó durante 14 años (1951-1965) la planta de beneficio de la compañía minera ASARCO, donde se procesaron miles de toneladas de material rocoso proveniente de las minas locales de Nuestra Señora y La Candelaria, el interés era la extracción de metales preciosos e industriales (GES, 2010). A más de 30 años sin aprovechamiento minero, se observó una cobertura vegetal en franca recuperación donde, además de los elementos de vegetación secundaria dominados por *T. Amygdalifolia*, se identificaron a especies de género *Lysiloma*, *Ipomea*, *Pithecellobium*, entre otras que corresponden al bosque primario.

El sitio con mayor perturbación fue Santa Ana, donde se registró la menor cantidad de árboles y de recursos alimenticios disponibles para la guacamaya verde. Esta unidad de ladera es la única que se ubica fuera del polígono de la Reserva Ecológica universitaria y las personas hacen cambio de uso para el desarrollo de actividades agrícolas de temporal.

4.2 Variación espacial y temporal de la población de guacamaya verde en Cosalá

4.2.1 Abundancia de la guacamaya verde en los sitios de ladera y pie de monte

La abundancia poblacional encontrada fue contrastante entre los sitios de laderas y pie de monte; en los primeros se registraron importantes grupos poblacionales, en tanto en los sitios de pie de monte sólo siete guacamayas fueron registradas durante el año de

monitoreo; sin embargo es importante mencionar el avistamiento ocasional de parvadas de hasta cuarenta individuos volando muy alto sobre los sitios de pie de monte (Rubio *et al.*, 2007 a, b). Con esto la primera hipótesis planteada en esta investigación fue corroborada, el escaso número de guacamaya verde en el pie de monte se explica en función de la escasez de condiciones favorables, como disponibilidad de recursos alimenticios (Loza, 2007; Rivera *et al.*, 2008; Contreras *et al.*, 2009) o la presencia grandes cerros y paredones que proporcionan potencialmente sitios de anidación en la región (Reyes, 2007). En los sitios de pie de monte se dieron cambios de uso de suelo que condujeron a una deforestación que redujo la cubierta forestal de los sitios hasta en 40% aproximadamente. La abundancia de guacamayas encontrada fue contrastante entre los sitios de laderas y pie de monte; en los primeros se registraron importantes grupos poblacionales, en tanto en los sitios de pie de monte sólo siete guacamayas fueron registradas durante el año de monitoreo. Sin embargo es importante mencionar el avistamiento ocasional de parvadas de hasta cuarenta individuos volando muy alto sobre los sitios de pie de monte (Rubio *et al.*, 2007).

El estudio de las guacamayas y otros psitácidos son complejos ya que estas aves se mueven grandes distancias buscando sitios de forrajeo desde las zonas de anidación o dormideros, habitan bosques donde la detección de los individuos es dificultosa por la coloración críptica o porque cuando perchan o descansan suelen ser silenciosos (Casagrande y Beissinger, 1997; Renton, 2001; Salinas, 2003; Carreón, 1997, 2006); con el propósito de superar esta situación, los conteos de Cosalá se hicieron con las técnicas más comunes para el conteo de aves ajustadas para el estudio de psitácidos, el transecto y las estaciones de monitoreo (Casagrande y Beissinger, 1997; Bibby *et al.*, 2000).

4.2.2 Estimación de la abundancia guacamaya verde en los sitios de ladera.

La estimación de la abundancia máxima de guacamayas permitió contrastar y comprobar la primera hipótesis en la que se plantea la existencia de diferencias numéricas entre los sitios estudiados en función de las características ambientales como la pendiente, además de las diferencias asociadas a la época del año. La abundancia máxima se registró en Santiaguillo durante la temporada posreproductiva (noviembre) con treinta y tres individuos observados simultáneamente, volando sobre las márgenes del río Habitas o perchando sobre grandes árboles subcaducifolios que proporcionan alimento y refugio (Gilardi y Munn, 1998; Loza, 2007; Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014). También en La Seca y La Candelaria se presentaron importantes grupos de guacamayas durante noviembre.

En contraste, el sitio donde se registró el menor número de individuos fue Santa Ana, sitio deforestado con grandes extensiones de actividades agropecuarias. Sin duda, la fragmentación y destrucción de hábitat afecta la distribución y abundancia de la guacamaya verde. Esta situación la han evidenciado otras investigaciones dirigidas a psitácidos, especialmente especies de talla mayor y anidantes de cavidades de árboles, sus poblaciones son menos frecuentes (Saunders, 1990) y sus densidades bajas en áreas que han modificadas (Marsden y Pilgrim, 2003; Marsden y Symes, 2006).

Morales (2005) encontró que la abundancia de algunos psitácidos como *Aratinga canicularis* y *Amazona finschi* es mayor en el bosque tropical seco y subperennifolio conservados, mientras la guacamaya verde sólo se registró en el subperenifolio conservado. Otras investigaciones también han demostrado que las guacamayas son más abundantes en los sitios conservados comparados con ambientes influidos por la actividad humana (Brightsmith, 2005; Karubian *et. al.*, 2005).

La escasa frecuencia y baja abundancia que se observó de las guacamayas verdes en todos los sitios de pie de monte; Los Braceros, Carricitos, Palo Verde, La Estancia y Agua Fría; parece estar relacionada con el mayor nivel de perturbación y con lo reducido de los recursos de alimentación y anidación disponibles. En los sitios de ladera fue más común observar grupos de guacamaya verde y el número de individuos fue mucho mayor, esto permitió hacer una estimación aproximada de la población de la especie en Cosalá durante el ciclo anual 1998-1999, resultando una densidad aparente de un individuo por km², derivada del número máximo de guacamayas observado simultáneamente, cuarenta y nueve guacamayas verdes en 5,000 ha de bosque tropical seco asentado en laderas.

La mayoría de los individuos se observaron cuando volaban, pero en ocasiones la detección por vocalización permitió alertar de la presencia de la especie, localizándolas cuando a simple vista no se detectaban por su coloración críptica. En Cosalá la guacamaya verde presentó mayor actividad durante las primeras horas del día, esto coincide con otras investigaciones para la guacamaya verde (Rivera *et al.* 2008) y otros psitácidos (Salinas y Renton, 2002). Ortiz (2000) señaló que los picos máximos de actividad de la cotorra serrana oriental se dieron durante las primeras horas del día (de 6:00 a 9:00 am). Salinas y Renton (2005) encontraron que los loros coronalila tienen mayor actividad en las primeras horas de la mañana y durante las últimas de la tarde. La mayor parte de las observaciones de guacamaya verde en Cosalá se dieron durante los conteos realizados entre las 7:00 y 10:00 horas, periodo en el cual las temperaturas aún son más favorables para que las aves lleven a cabo el forrajeo, tomando en cuenta que durante el verano en estos bosques se tienen temperaturas hasta de 39° al mediodía.

4.2.3 Abundancia de la guacamaya verde respecto a su ciclo biológico

Las guacamayas verde son aves de hábitos gregarios (Reyes, 2007; Arizmendi, 2008; Bonilla *et al.*, 2014) que forman grandes grupos durante los períodos no reproductivos y vuelan y perchan en pareja cuando se aproxima reproducción. En los períodos reproductivos los individuos tienen a separarse en pareja (Carreón, 1997; Iñigo, 2000; Rivera *et al.*, 2008), este hecho se observó en Cosalá en abril y mayo. En la temporada reproductiva fue más frecuente observar parejas que grupos; se identificaron tres parejas acicalándose e inspeccionando los sitios de anidación en los paredones del cerro en Santiaguillo (Reyes, 2007; Rivera *et al.*, 2008). Se identificaron con claridad dos etapas de su ciclo biológico en la región, la época reproductiva, de abril a septiembre, y post reproductiva, de octubre a marzo. La temporada reproductiva de la guacamaya verde en Cosalá, coincide con la temporada reproductiva identificada para la barranca del Sabino en Oaxaca, región semiárida (Reyes, 2007; Arizmendi, 2008; Rivera *et al.*, 2008). Pero difiere de la temporada reproductiva en Jalisco, que contempla los meses de octubre a febrero (Carreón, 1997; Loza, 1997; Bonilla *et al.*, 2014). Esta diferencia al parecer está relacionada a la disponibilidad de recursos alimenticios en los bosques secos (Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2008; Contreras *et al.*, 2009; Muñoz, 2014), en los que la abundancia máxima de alimento se presenta entre los meses de enero a abril para Cosalá, coincidiendo en lo general con la dinámica de los bosques tropicales secos en México (Bullock y Solis, 1990; Renton, 2001).

Durante el estudio se identificaron tres periodos de mayor abundancia de guacamaya verde; en mayo, agosto y noviembre; es en estos meses cuando se observa a los volantones integrarse a las parvadas durante el forrajeo de *Lysiloma acapulcensis*, *Maclura tinctoria* y *Ficus mexicana*. Ocasionalmente se observó a los volantones salir del nido pero

ante la presencia de rapaces del género *Micrastur* y *Falco*, inmediatamente los regresaba a la seguridad del nido (Iñigo, 2000; Monterrubio y Escalante, 2005).

En base a la primera hipótesis, se planteaba encontrar diferencias significativas en la abundancia local de la guacamaya verde entre las épocas del año; sin embargo, al contrastar las abundancias poblacionales de la especie a través de los meses no se encontró diferencia significativa, aún con la variación numérica identificada en algunos meses. Por ejemplo, agosto y noviembre registraron las abundancias más altas con 93 individuos, y en septiembre se registraron sólo catorce en toda la región. Tampoco se encontraron diferencias significativas en la población registrada a lo largo del ciclo biológico. Esto podría indicar que el nivel de reclutamiento de nuevos individuos a la población es bajo, al menos para el ciclo de la observación. Investigaciones en otras regiones del país tampoco han encontrado diferencias significativas en los niveles de reclutamiento de las poblaciones locales (Carreón 1997), al menos en un ciclo anual de monitoreo. Son necesarios más estudios poblacionales sobre la especie en Cosalá, así como en otras regiones, para determinar las tasas de reclutamiento y los factores que influyen (Carreón, 1997; Iñigo, 2000).

4.3 Preferencias de hábitat de la guacamaya verde en Cosalá

4.3.1 Abundancia de individuos y preferencias de hábitat.

Los conteos poblacionales en vida silvestre son fundamentales para determinar preferencias o usos de hábitat, en función de la frecuencia con la que los individuos visitan un área (Casagrande y Beissinger, 1997; Bibby *et al.*, 2000). Se ha documentado que esta frecuencia y la periodicidad con la que un espacio o unidad ambiental es visitada constituye un indicador de preferencia, y la selección puede estar en función de la disponibilidad

(Partridge, 1978; Hutto, 1985; Gordon y Wittenberger, 1991; Karubian *et al.*, 2005). A partir de estos razonamientos, se planteó la segunda hipótesis que consideró la presencia y abundancia de las guacamayas verdes como indicador en la determinación de posibles preferencias o patrones de uso de los sitios estudiados en Cosalá.

Se observaron diferencias en la distribución y abundancia de guacamaya verde en Cosalá, donde la evidencia muestra que la especie usa o selecciona preferentemente los sitios de ladera conservados, en contraste con los de pie de monte. Los sitios de ladera en Cosalá están caracterizados por topografía accidentada y cobertura conservada del bosque tropical subcaducifolio, factores que influye en la presencia de los psitácidos. Esta situación es comparable con resultados obtenidos en otras investigaciones en diversos sitios de México, donde la riqueza y abundancia de psitácidos depende del grado de conservación y la estructura de los bosques tropicales secos (Karr y Freemark, 1983; Iñigo, 1996; Renton, 2001; Salinas, 2003; Morales, 2005; Marín *et al.*, 2012; Rivera *et al.*, 2013; Rubio *et al.*, 2007b; Rubio *et al.*, 2013; Rivera, 2014).

La preferencia se observó en Santiaguillo, sitio donde se registró el mayor número de guacamayas verdes, aquí se presentó la mayor disponibilidad de recursos alimenticios, de percha, y anidación (paredones). Por el contrario, en Santa Ana se observó la mayor fragmentación y deforestación del bosque, y con ello la menor disponibilidad de recursos alimenticios. Esta diferencia fue significativa y se reflejó en la presencia de un menor número de guacamayas. Gordon y Wittenberger (1991) señalan que las aves seleccionan hábitats donde su sobrevivencia y su reproducción tienen mayores posibilidades de éxito; en esta investigación se confirma esta aseveración, ya que la vegetación conservada del bosque tropical subcaducifolio de Santiaguillo ofrece una mayor disponibilidad de recursos

de sobrevivencia para la población de guacamaya verde en Cosalá, esto explica la mayor presencia del ave en este sitio, con este hecho se valida la segunda hipótesis.

La disponibilidad de recursos también influye en los sucesos reproductivos de las poblaciones, que de acuerdo a diversas investigaciones. En especies que requieren de grandes espacios o se mueven en grandes distancias, como la guacamaya verde y los loros (*A. finschi*), se ha demostrado que la distribución espacial de sus nidos en el ambiente está determinada por la selección de sitios que favorece el forrajeo y la reproducción (Pulliam y Danielson, 1991; Renton y Salinas, 2002; Renton, 2002; Salinas, 2003; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014), en Santiaguillo se localizan también importantes sitios de anidación (paredornes).

4.3.2 Disponibilidad de recursos alimenticios y preferencias de hábitat de la guacamaya verde

La marcada estacionalidad en los bosques secos de Cosalá influye en la disponibilidad de recursos para la fauna; durante el periodo seco y a inicio de las lluvias fructifica una gran variedad de especies vegetales (Bullock y Solís, 1990; Renton, 2001; Trejo, 2010; Rubio *et al.*, 2013); otras especies de plantas fructifican asincrónicamente y proveen de frutos todo el año, como los *Ficus spp* (Beltrán *et al.*, 2013). Especies como la guacamaya verde están adaptadas a estos ciclos, sincronizando los eventos reproductivos con la mayor disponibilidad de frutos; durante la época de lluvias se observó a las guacamayas alimentarse de los higos provenientes de las higueras, siendo más frecuente y más notorio durante los meses críticos del estiaje de abril a mayo, esto coincidió con otros estudios para México (Renton, 2001; Salinas, 2003; Morales, 2005; Reyes, 2007; Contreras *et al.*, 2009; Beltrán *et al.*, 2013). Los grandes árboles del género *Ficus*, conocidas localmente como

higueras en la serranía sinaloense, son especies clave para la guacamayas y para el gremio frugívoros (Estrada y Coates, 2003; Ibarra *et al.*, 2012; Beltrán *et al.*, 2013).

La disponibilidad de alimentos fué una de las variables asociadas a la estructura y composición de los tipos de vegetación que influyeron en el uso de hábitat. La composición, abundancia y fenología de especies con frutos disponibles es similar a la descrita en otros bosques tropicales secos (Gentry, 1995; Trejo, 1998; Renton, 2001, 2002; Morales, 2005; Contreras *et al.*, 2009). En Cosalá se identificó que los periodos de fructificación de las especies de árboles que proporcionan frutos y semillas a la guacamaya verde no fueron simultáneos; lo cual le permite al ave disponer con recursos alimenticios que se alternan en su disponibilidad en el transcurso del año. La mayor producción de frutos se registró antes y después de los periodos de sequía; especialmente en el bosque tropical subcaducifolio. El bosque tropical caducifolio también dispone de recursos para la guacamaya verde, dos meses antes de la lluvia abundan los frutos del *Pithecellobium dulce*, o guamúchil, p. e. En general existe traslape en la producción de recursos al inicio del año, las especies que traslapan su fructificación incluyen a *H. polyandra*, *B. alicastrum* y *L. acapulcensis*, especies de amplia distribución sobre la vertiente del Pacífico en México, coincidiendo con la distribución de la guacamaya verde (Loza, 1997; Pennington y Sarukhán, 2005; Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014); entre los recursos alimenticios disponible en el periodo de lluvias están la guásima (*Guazuma ulmifolia*) y el palo mulato (*Bursera simaruba*) que proporcionan abundantes frutos (De la Parra, 2008).

Se logró identificar los ciclos fenológicos de *B. alicastrum*, *H. polyandra*, *L. acapulcensis* y *P. sartorianum*; fructifican sincrónicamente en enero-marzo; y *S. persimile* y *F. glaucescens*, en abril-mayo; y *M. tinctoria* y *B. simaruba* al inicio de lluvias (junio). Estos recursos por su abundancia y disponibilidad en la región son de los más importantes

para la especie, y parecen influir en los desplazamientos locales y regionales siguiendo los picos de fructificación como en otras regiones (Loza, 1997; Renton, 2001; Salinas, 2003; Contreras *et al.*, 2009; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014).

En este estudio no se observó, como se esperaba, una relación directa entre el periodo de mayor producción de alimentos de los bosques de Cosalá (febrero-mayo) (Morales, 2005; Melgoza, 2003; Renton, 2001) y abundancia de la guacamaya verde, la mayor abundancia del ave se observó entre mayo y noviembre. En noviembre es menor el número de especies de árboles que fructifican, pero numericamente son más y con ello proporcionan abundantes frutos para la población de guacamayas, entre estas especies resaltan el mauto y la mora (*L. acapulcensis* y *M. tinctoria*), e inicia la fructificación del haba (*H. Polyandra*) garantizando con ello disponibilidad de alimento en ese periodo. Posteriormente fructifica el apomo (*B. alicastrum*) entre enero a mayo (secas), coincidiendo temporalmente con el haba, ambas especies presentes solo en las cañadas del bosque tropical subcaducifolio de Cosalá, razón por la que son hábitat prioritarios. Las aves hacen movimientos locales hacia el exterior del área estudiada, donde posiblemente exista una disponibilidad mayor de recursos alimenticios.

En ambientes relativamente más constantes, como los bosques perennifolios, Carreón (2006) encontró que los juveniles de guacamaya roja se dispersaban en áreas de 20 km², y los grupos familiares buscan los recursos alimenticios ubicados en un radio de 16 km de distancia de sus dormideros. En la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala, Renton y Salinas (2002) encontraron que el loro corona lila se desplaza altitudinalmente hasta 42 km, buscando áreas con alimento durante la época seca. Otros estudios señalan que la distribución de guacamaya verde está más asociada a los bosques subperennifolios

conservados, aun cuando se han encontrado recursos alimenticios disponibles en bosques caducifolios (Morales, 2005; Contreras, 2007; Contreras *et al.*, 2009).

Sin duda, los bosques tropicales subcaducifolios de Cosalá y del resto del país donde se distribuye la guacamaya verde son sitios importantes para la sobrevivencia de esta especie y otros psitácidos amenazados (Renton, 2001; Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2013) y les proporcionan recursos alimenticios antes y después de la época reproductiva (Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2007; Rivera *et al.*, 2013). Es necesario un mayor esfuerzo de monitoreo con respecto a la dinámica de producción de recursos alimenticios y presencia de guacamaya verde para definir con mayor claridad posibles patrones de relación entre sus poblaciones y los alimentos disponibles en el área de estudio.

4.3.3 Características del hábitat y preferencias de la guacamaya verde

Esta investigación evidenció las preferencias de hábitat de la población de guacamaya verde en Cosalá. Durante el trabajo de campo se observó actividad regular de individuos en todos los sitios de laderas, pero fue en Santiaguillo y El Palmar donde se registró la mayor frecuencia y abundancia de la especie. En Santiaguillo se identificaron grupos de hasta veinticuatro individuos volando juntos sobre las márgenes del río Habitas, o perchando sobre grandes árboles subcaducifolios que proporcionan alimento, refugio y percha aún en las épocas más críticas de estos bosques secos (Loza, 2007; Morales, 2005; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014). La estructura vegetal ha sido considerada un atributo para examinar la selección y uso de hábitat (Morris, 1983), tanto en aves (Karr y Freemark, 1983) como en otros grupos taxónomicos de fauna (Medellín, 1992). Esta investigación se evidenció claramente que en Cosalá la guacamaya verde se encuentra seleccionando sitios en función de la estructura vegetal y características físicas del área (presencia de riscos y paredones)

(Karr y Freemark, 1983; Rubio *et al.*, 2007 b). La presencia de guacamayas y de otros psitácidos está relacionada con la de árboles que proporcionan alimento y sitios de anidación o percha (Gilardi y Munn, 1998; Marsden y Pilgrim, 2003; Rivera *et al.*, 2013; Rivera, 2014). Las especies de psitácidos de tamaño grande están asociados a bosques conservados que integran árboles emergentes de gran tamaño (Marsden *et al.*, 2000; Marsden y Symes, 2006). En México, Morales (2005) reportó la presencia de guacamaya verde para los bosques tropicales secos subperenifolios en la costa de Jalisco, y Rivera *et al.* (2013) encontraron que la guacamaya verde prefiere zonas con alta diversidad florística, donde resaltan las especies de árboles que proporcionan alimento, como el *Brosimum alicastrum*, *Hura polyandra* y *Lysiloma microphyllum*.

Otras de las características del hábitat importantes para las poblaciones de guacamaya verde, son el relieve y los sitios donde pueden establecer sus áreas de anidación las aves (presencia de cerros, riscos) (Karr y Freemark, 1983; Rubio *et al.*, 2007 b). El río Habitas que cruza las unidades de Santiaguillo y La Candelaria se identificó como un importante corredor biológico para la guacamaya verde en la región, este río ha formado un gran cañón donde se localizan dormideros de guacamaya verde, y en los huecos de sus paredones y riscos localizados en las paredes más altas del cañón, anidan las parejas reproductivas, por lo que áreas donde los hábitos gregarios de estas aves pueden realizarse son importantes, ya que es donde se agrupan para dormir y forrajear (Carreón, 1997; Loza, 1997; Reyes, 2007; Bonilla *et al.*, 2014) y para anidar (Reyes, 2007; Arizmendi, 2008; Rivera *et al.*, 2008).

4.4 Sitios de nidificación para la guacamaya verde en Cosalá

La especie arbórea de *B. alicastrum* presentó las características mínimas de altura y DAP para ser utilizada como sitio de anidación por la guacamaya verde, aunque no se encontró evidencia de ningún nido que fuera utilizado por especie. Sin embargo, pobladores locales señalaron que entre los años de 1977-1980 la guacamaya verde anidó en los grandes árboles de *B. alicastrum* y en especies del género *Ficus* en el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de la región.

En la literatura se describe que la guacamaya verde anidaba en grandes árboles de los bosques tropicales secos, como *B. simaruba*, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *H. polyandra*, y especies del género *Tabebuia* y *Sideroxylon* (Carreón 1997), pero este no fue el caso en la guacamayas de Cosalá, ya que no se encontró ningún nido en árbol, sólo se encontraron loros del género *Amazona* ocupando nidos en estos árboles. Por esta razón, no se tomaron las medidas de las características de las cavidades. Se sabe que esta especie no es excavadora de nidos, sino que adopta oquedades inicialmente abiertas por otras especies de aves o insectos (Iñigo, 1996; Monterrubio y Escalante, 2006; Bonilla *et al.*, 2014), esta selección de sitios de anidación está relacionada con rasgos de historia de vida de las aves (tiempo de incubación p.e.) (Martin, 1995) y al uso diferido de espacios para la anidación (Begon *et al.*, 1999;), lo cual podría explicar porque la guacamaya verde opta por anidar en paredones (Reyes, 2007; Rivera *et al.* 2008), o quizá se deba a la baja disponibilidad de cavidades adecuadas en árboles (Carreón, 1997; Bonilla *et al.*, 2014, De la Parra-Martínez *et al.*, 2015). Diversas investigaciones señalan que la pérdida de árboles y bosques (Trejo, 2010; Mass *et al.* 2010), que proporcionan sitios de anidación reduce las posibilidades de reproducción y pone en riesgo las poblaciones silvestres de psitácidos (Kinnaird *et al.*, 2003; Monterrubio y Escalante, 2006; Rivera *et al.*, 2014).

Monterrubio y Escalante (2006) señalan que algunas aves buscan reducir el riesgo de pérdida de nidos a través de la utilización de cavidades que les proveen mayor protección; ya que las tasas de depredación son mayores en nidos abiertos. En Cosalá se identificó que la guacamaya verde está utilizando cavidades en laderas de los cerros más altos, esta preferencia quizá se deba a que estos espacios les proveen importantes ventajas de sobrevivencia para las crías; quizá protección contra la fuerte insolación y los cambios de temperatura drásticos en la región, donde las temperaturas tienden a ser extremas durante el verano y el invierno. Otro suceso que podrían estar explicando la selección de cavidades en riesgo, es el de minimizar las posibilidades de depredación por aves rapaces como los halcones selvático mayor (*Micrastur semitorquatus*) y fajado (*Falco femoralis*), o serpientes (*Boa constrictor*, p.e.). Los paredones sobre el río Habitas en Cosalá han registrado permanencia en la ocupación de sus huecos como sitios de anidación; desde la temporada reproductiva de 1998 hasta la del año 2012 se registró la presencia de tres a seis parejas que utilizan los paredones situados en el cerro más alto de la región estudiada (Rubio, 2001; Rubio *et al.*, 2007, 2010, 2012, 2013).

4.5 Conservación de los bosques tropicales secos en Cosalá

La distribución de los bosques tropicales secos en el neotrópico está relacionada con terrenos accidentados conformados por lomeríos y laderas con suelos pocos profundos y de origen volcánico, lo que origina un paisaje heterogéneo donde se manifiestan formas de vida vegetal y animal características de este tipo de ecosistema, entre los componente de la biodiversidad de estos bosques esta la guacamaya verde y el resto de la familia Psittacidae (Rzedowski, 1994; Gentry, 1995; Ceballos *et al.*, 1995; Challenger, 1998; Ceballos, *et al.* 2010; Rubio *et al.*, 2010). En Cosalá se identificaron encinares que conforman el paisaje

que habita la guacamaya verde en la región, fragmentos de bosques de encinos (*Quercus spp*) localizados en los cerros de mayor elevación; también se registró vegetación riparia sobre las márgenes del río Habitas, representada en su mayoría por sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*) (Rzedowski, 1994).

Los bosques tropicales secos en Cosalá constituyen sitios importantes de ocupación humana donde el uso de sus recursos forestales y mineros ha propiciado la fragmentación y deforestación de grandes áreas de bosques que son sustituidos por parcelas de uso temporal y vegetación secundaria. En la actualidad el área de estudio es de nuevo un núcleo de aprovechamiento minero que impacta negativamente los hábitats naturales de la guacamaya verde por la emisión de partículas y el continuo tráfico de maquinaria pesada y personal (Rubio *et al.*, 2010; García, 2013). Esto ha propiciado la emigración o desaparición local de fauna antes común como los grandes felinos, jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) que habitaban en las inmediaciones del área donde se llevo a cabo esta investigación (Ceballos y Oliva 2005). Uno de los períodos de bonanza del aprovechamiento minero en Cosalá se dio en la primera mitad de los años cincuenta hasta 1965, cuando la explotación de minerales fue abandonada (García, 2013).

La Seca, fue uno de los sitios más impactados pues ahí se instaló gran parte de la infraestructura minera: la colonia para los obreros, oficinas corporativas, molino (planta de trituración y separación del mineral), además se abrieron grandes brechas y caminos, este cambio de uso de suelo impactó de forma drástica el entonces hábitat prisitino de la guacamaya verde.

Una forma de valorar el impacto de las actividades económicas sobre los bosques y los ecosistemas es evaluar las tasas anuales de deforestación, en México esta constituye un importante indicador, para el periodo 2000-2005 la tasa de deforestación anual se

estimó en 0.4%, lo que significó una pérdida anual de 260,000 ha de bosques (SEMARNAT, 2005); otras fuentes señalan pérdidas mayores a las 364 mil hectáreas anuales (Céspedes y Moreno, 2010). En Sinaloa los bosques tropicales secos son la vegetación dominante, de las 5,809,200 ha de superficie del Estado (Galavíz, 2003), 35% corresponde a esta vegetación (SEMARNAT, 2002). Céspedes y Moreno (2010) señalan que la tasa de deforestación anual de los bosques en Sinaloa se ubica entre el 0.2 y 0.5%; es decir, se pierden más de 11 mil hectáreas anuales. SEMARNAT (2002) señala que entre los años de 1993 al 2000 se perdieron 83,778 ha de bosques en Sinaloa, estas cifras llaman la atención ya que la pérdida de los bosques implica la pérdida de espacios naturales y de oportunidades de sobrevivencia para la guacamaya verde y el resto de la fauna silvestre. Basta mencionar el estudio de Monterrubio y Escalante (2006), quienes registraron que de las 123 especies de aves residentes en los bosques secos de la reserva de la biosfera de Chamela-Cuixmala, al menos 15 son ocupantes obligados de oquedades de árboles durante su reproducción. Las familias *Strigidae* y *Psittacidae*, son las que más requieren de árboles en pie para lograr reproducirse; de veinte especies de psitácidos que reconocen para el área, dieciséis requieren de cavidades arbóreas para su reproducción, y de éstas trece están bajo algún estatus de amenaza y por lo tanto protegidas por las leyes mexicanas (Macías *et al.*, 2000; DOF, 2008; DOF, 2010).

La práctica de la roza, tumba y quema sigue devastando los ecosistemas naturales de México con la consecuente disminución de biodiversidad, además de la pérdida y erosión de suelos bajo la presión de los cultivos introducidos, en su mayoría pastizales para alimentar al ganado (Maass, 1995; Dirzo y Miranda, 1991; Challenger, 1998; SEMARNAT, 2002; Saucedo y Gómez, 2003). La ganadería extensiva en las zonas serranas de Sinaloa es otro factor de presión sobre el bosque, es práctica común entre los

ejidatarios o comuneros dejar el ganado suelto ramoneando en áreas naturales, incluso en las protegidas (Rubio y Beltrán, 2003; Rubio *et al.*, 2010); la presencia de ganado afecta la dinámica y estructura del bosque, su pisoteo compacta el suelo, afecta los procesos de germinación de semilla y el ramoneo sobre las plantas nuevas afectan la regeneración de los bosques (Maass *et al.*, 2010). Se ha documentado que la riqueza puede verse reducida hasta en un 95% cuando se establecen actividades pecuarias mal planeadas en el trópico seco (Janzen, 1986); se pierde oportunidades de medicinas tradicionales y alimentos que pueden ser o son el remedio para las poblaciones humanas marginadas que habitan los bosques tropicales secos; otro aspecto importante en riesgo son servicios ecosistémicos que proveen los bosques tropicales secos, como protección de la capa de suelo, el almacenamiento de CO₂, producción de agua y el equilibrio de otros gases atmosféricos (Balvanera y Maass, 2010).

El área de estudio se ubica dentro de la Región Terrestre Prioritaria “San Juan de Camarones” (RTP-23) y la Región Hidrológica Prioritaria “Cuenca Alta del Río San Lorenzo-Minas de Piaxtla” (Arriaga *et al.*, 2000), al interior se localiza la Reserva Universitaria (POES, 2002) donde se impulsa el ecoturismo y la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa tiene proyectos de investigación y conservación de los recursos naturales, entre ellos esta la Unidad de Manejo de Vida Silvestre de guacamaya verde (UMA “Nuestra Señora” DGVS-CR-IN-0945-SIN./07).

La conservación de los bosques secos de la vertiente del Pacífico garantiza la producción de los servicios ecosistémicos (CONABIO, 2010); la permanencia de la guacamaya verde y otras aves en riesgo (Arizmendi y Márquez, 2010); así como la distribución natural de nueve de las veintidós especies de psitácidos que se registran para México (Howell y Webb, 1995; Macías *et al.*, 2000). Diversas investigaciones han

expuesto que las poblaciones de la guacamaya verde y de otros vertebrados, se encuentran amenazadas o en peligro por la destrucción y fragmentación de sus hábitats (Maass, 1995, 2010; Trejo y Dirzo, 2000; Monterrubio y Escalante 2006; Ceballos, *et al.* 2010), protegerlos es conservar una parte importante del capital natural de México que puede aprovecharse a través de esquemas sustentables como el turismo de naturaleza o safaris fotográficos (Sarukhán *et al.*, 2009; Muñoz-Lacy, 2014), actividades que se desarrollan con éxito en países latinoamericanos con el aporte de alianzas entre los sectores de la sociedad y han beneficiado la calidad de vida de las personas que habitan los bosques (Rainforest Alliance, 2005; Chassot *et al.*, 2006; Monge y Rothman, 2007).

5. CONCLUSIONES

Esta investigación proporcionó información sobre la relación entre la presencia de guacamaya verde, y la calidad ambiental local, ejemplificando las condiciones de uno de los bosques tropicales secos del noroeste de México, cuya importancia también se centra en la generación de servicios ecosistémicos además de ser un hábitat propicio para la permanencia de esta especie en peligro de extinción. La riqueza y diversidad vegetal registrada en Cosalá fue alta y equiparable con otros bosques tropicales secos México y Sudamérica. Las familias más representativas del bosque fueron *Mimosaceae*, *Moraceae*, *Fabaceae* y *Euphorbiaceae*; y de los géneros fueron *Acacia*, *Bursera*, *Lysiloma*, *Zanthoxylum*, *Lonchocarpus*, *Ipomoea*, y *Caesalpinia*. Las especies de árboles que caracterizaron el paisaje de Cosalá fueron *H. brasiletto*, *L. microphyllum*, *T. amygdalifolia*, *I. arborescens*, *G. ulmifolia*, *P. mangense*, *B. alicastrum* y *Bursera spp.*

La mayor riqueza de especies y abundancia de árboles se localizó en las laderas, en cambio en los sitios del pie de monte estos parámetros tuvieron valores menores, consecuencia de factores de disturbio humano, donde se incluyen la ganadería extensiva y la apertura de parcelas para la siembra de temporal. Los árboles de mayor talla fueron *B. alicastrum*, *B. simaruba* y diversas especies del género *Ficus spp*, estos abundaron en la unidad El Palmar. En La Candelaria y La Seca se registraron los valores más altos de cobertura; y Santa Ana fue el sitio de ladera con perturbación humana significativa, lo que explicó el registro de una menor abundancia de guacamayas.

Los resultados de esta investigación confirman los supuestos de las hipótesis planteadas, los estimadores evidenciaron que la distribución y abundancia de guacamaya verde en Cosalá es heterogénea y está influenciada por las características de los sitios; particularmente de la pendiente del terreno, la estructura vegetal y el grado de conservación. La frecuencia mínima de guacamaya verde en los sitios de pie de monte, Los Braceros, Carricitos, Palos Verde, La Estancia y Agua Fría; indica que estos son de poca importancia para los grupos de guacamaya verde en la región. En cambio en las unidades de la zona de ladera como Santiaguillo, Candelaria, La Seca, El Palmar y Santa Ana, sí presentaron datos significativos de registros de abundancia lo que permitió estimar una densidad aparente de un individuo por km² para el área de estudio durante el año que duró la investigación en los bosques secos de Cosalá.

Los picos máximos de abundancia de la guacamaya verde en Santiaguillo, coincidieron con la temporada post reproductiva, sin embargo, los resultados obtenidos en este periodo no son suficientes para respaldar del todo la hipótesis planteada en esta investigación, ya que se esperaba encontrar diferencias poblacionales significativas entre los grupos de guacamaya verde con respecto al ciclo biológico en Cosalá, los estadísticos

marcaron tendencias, por lo que son necesarios más estudios poblacionales y biológicos para analizar con mayor detalle el ciclo reproductivo de la especie y tener un estimado más preciso de la población y de su dinámica poblacional en la región.

La preferencia de los individuos se dirigió también a Santiaguillo, en donde se encontró la mayor disponibilidad de recursos alimenticios, de percha y anidación, aquí se tuvieron los valores más altos de diversidad y de productividad (DAP). Por el contrario, Santa Ana fue el sitio que registró la menor abundancia de estos psitácidos, esta diferencia de abundancia de la especie fue significativa y se explica por las condiciones de perturbación que presentó el sitio, menor cubierta forestal y de disposición de recursos alimenticios.

Se logró identificar el ciclo biológico de la guacamaya verde para la Sinaloa; la época reproductiva definió claramente entre los meses de abril a septiembre. La reproducción en la región coincide con la etapa descrita para los bosques secos de Oaxaca, en tanto, no existe sincronía con la registrada para Jalisco. Durante los meses de abril y mayo se observaron parejas acicalándose e inspeccionando los sitios de anidación en los paredones, también mostraron despliegues de conducta territorial en torno a los huecos de anidación seleccionados. Entre agosto y noviembre se observó a los volantones intergarse con los adultos en vuelo y responder ante la presencia de sus depredadores potenciales (aves rapaces) regresaban al nido.

La disponibilidad de recursos alimenticios en Cosalá está en función de la estacionalidad de los bosques, aunque se observó que aun en la época más seca existen algunos microambientes donde algunas especies fructifican; los picos máximos de producción se presentan antes y después del periodo de lluvias. Durante los primeros meses del año, a mediados del periodo de estiaje, en el bosque subcaducifolio fructifican *H.*

polyandra, *B. alicastrum* y *L. acapulcensis*, especies clave para la guacamaya en los meses previos a la reproducción. Durante las lluvias fructifican otras especies, algunas con estrategias de fructificación asincrónica a lo largo del año (*Ficus spp*), esto favorece a las poblaciones de guacamaya verde, otras aves y pequeños mamíferos que disponen de frutos todo el año.

Se encontró que la guacamaya verde despliega movimientos locales siguiendo la producción de frutos, esto coincide con los resultados de investigación que se han desarrollado en otros bosques de México. Sin embargo, es necesario un mayor esfuerzo de monitoreo con respecto a la fenología de los recursos alimenticios y a la distribución de los individuos para definir con mayor precisión posibles patrones entre la presencia del ave y la disponibilidad de alimento en los bosques secos de Cosalá.

Durante la época reproductiva la guacamaya verde anida en las oquedades de los riscos más altos de la región, en cambio en otros sitios, como Jalisco, las parejas reproductivas ocupan árboles de *B. simaruba*, *Enterolobium cyclocarpum*, *H. polyandra* y especies del género *Tabebuia* y *Sideroxylon*. Estos árboles se encontraron en el área, pero aunque presentaron las características mínimas para su ocupación por las guacamayas, no fue posible encontrar evidencias de anidación que permitieran fortalecer la hipótesis planteada que señala anidación en árboles. En cambio, se encontró que la guacamaya verde está utilizando las cavidades de los riscos más altos en el área, que le provee importantes ventajas de sobrevivencia para las crías en estos bosques tropicales secos; los individuos buscan protección contra la fuerte insolación y los cambios de temperatura drásticos, además minimizan las posibilidades de depredación.

En los paredones del cañón que forma el río Habitas se ha registrado de manera en forma consistente la ocupación de sus oquedades como sitios de anidación por parejas de

guacamaya verde, desde 1998 hasta la del año 2013. Durante los últimos 15 años se ha registrado la presencia tres a seis parejas que utilizan estos paredones. Dentro del área se ubicaron otros paredones ocupados por parejas de guacamayas, no se les dio el seguimiento sistemáticos, pero al menos durante 5 años se les observó llegar e introducirse a los mismo, estos ubicados en la unidad La Candelaria.

La pérdida de hábitat y la captura excesiva de ejemplares de guacamaya verde y otros psitácidos ha impactado negativamente sus poblaciones llevándolas a situaciones críticas (Cantú *et al.*, 2007; Marín *et al.*, 2012). Algunas poblaciones de pericos han sido extirpadas de sus hábitats, la captura de individuos ha constituido la mayor amenaza; por otro lado la destrucción del hábitat pone en riesgo la permanencia de las poblaciones locales. El éxito en las medidas de conservación depende en gran medida del grado de conocimiento que se tenga para abordar problemáticas ambientales, como la pérdida de poblaciones locales de aves en riesgo, y con ello buscar posibles soluciones. Las medidas suelen ser parciales o complementarias cuando se diseñan e implementan estrategias de conservación para evitar la reducción de las poblaciones silvestres, como en el caso de la guacamaya verde que esta en peligro de extinción. Se requieren estrategias transversales de gran impacto como la implementación de programas de educación ambiental y la aplicación de la normatividad, así como el diseño de modelos de aprovechamiento sustentable y sostenible que garanticen la permanencia a largo plazo de las especies silvestres. Los resultados tangibles de estas medidas implican procesos relativamente largos que van de diez o más años.

La conservación de la guacamaya verde depende de la permanencia de sus hábitats, es por ello que es muy importante procurar mantener la integridad de los bosque, así como la conectividad con la vegetación alrededor y con parches forestales remanentes en Cosalá

Sinaloa y sus colindancias con el estado de Durango, esto es fundamental considerando el avance de las actividades de alto impacto como la minería. La conservación de los bosques bajo el esquema oficial de áreas naturales protegidas, es una importante estrategia de conservación que puede garantizar la integridad de los ecosistemas. El área de estudio está situada dentro de una región terrestre prioritaria “San Juan de Camarones” y dentro de la misma se ubica la reserva ecológica universitaria con denominación oficial de “Zona Sujeta a Conservación Ecológica” que entre sus objetivos contempla promover la integridad de los bosques locales; el estudio técnico justificativo y la declaratoria de esta reserva se fundamentaron en la información generada durante esta investigación (Rubio, 2001; SPD, 2001; POES, 2002).

Conservar la guacamaya verde es conservar parte del capital cultural y natural de México; con una visión de aprovechamiento responsable es posible que sus poblaciones generen mayores beneficios a las comunidades humanas asentadas en a lo largo de su distribución geográfica. Estas comunidades, como en otras de México (Muñoz-Lacy, 2014), no cuentan con muchas opciones de empleo y la conservación y aprovechamiento de la vida silvestre, mediante el impulso de actividades económicas, como el turismo de naturaleza y la observación de aves, puede ser la alternativa para mejorar la calidad de vida de las personas que al final suelen convertirse en los mejores aliados del resguardo de la guacamaya verde y de la biodiversidad de su región.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcock, J. 1993. *Animal Behavior: An evolutionary approach*. Sinauer Associates, Inc. Pp. 278-284.
- Anderson S. y K. Gutzwiller, 1996. Habitat evaluation methods. En *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Bookhout T. (Ed.). The Wildlife Society, Bethesda, Maryland. Pp. 592-606. EUA.
- Arceo, M. H. 2003. Regiones climáticas del estado de Sinaloa. En Cifuentes L. J. y J. Gaxiola (Eds.). *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa. Pp.67-74.
- Arizmendi, M. C. y L. Márquez. 2000. Áreas de Importancia para la conservación de las aves en México. CIPAMEX. México. 440 p.
- Arizmendi, M. 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. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DT006. México D. F.
- Arriaga L., J. Espinosa, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. (*Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. En <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>
- Baker, R.H. 1958. Nest of the Military Macaw in Durango. *The Auk* 75:98.
- Balvanera, P. y M. Maass. 2010. Los servicios ecosistémicos que proveen las selvas secas. En Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaury y R. Dirzo (Eds). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. F.C.E. México. Pp. 251-269.
- Beissinger, S. R. y E. H. Bucher. 1992. Sustainable Harvesting of Parrots for Conservation. En S. R. Beissinger y N. F. Zinder (Eds.). *New World Parrots in Crisis*. Smithsonian Institution Press. Washington and London.
- Begon, M., J. Harper y C. Townsend. 1999. *Ecología, individuos, poblaciones y comunidades*. Editorial Omega. Barcelona España. Pp. 729-734.
- Bibby C.J., N.D. Burgess y D. A. Hill. 1993. *Bird census techniques*. The British Trust for Ornithology and the Royal Society for the Protection of Birds. Academic Press. Cambridge. London. 256 pp.

- Bibby, C. M. Jones and S. Marsden. 2000. Bird Surveys. Expedition Field Techniques. BirdLife International. Cambridge. 137 pp.
- Blundell, A. y M. B. Mascia. 2005. Discrepancies in reported levels of international wildlife trade. En *Conservation Biology* (19) 2020-2025.
- Bonilla, R. C., T. C. Monterrubio, L.M. Aviles y C. Cinta. 2014. Anidación gregaria y éxito reproductivo en la guacamaya verde (*Ara militaris*) en un bosque tropical costero del occidente de México. *Ornitología Neotropical* 25: 303–316. The Neotropical Ornithological Society
- Brightsmith, D. 2005. Competition, predation and nest niche shifts among tropical cavity nesters: phylogeny and natural history evolution of parrot (Psittaciformes) and trogons (Trogoniformes). *Journal of Avian Biology* 36:64-73.
- Brightsmith, D. 2005. Parrot nesting in southeastern Peru: seasonal patterns and keystone Tree. *Wilson Bulletin* 117: 296-305.
- Bullock, S. y J. Solís. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22: 22-35.
- Burnham, K. P., D. R. Anderson y J. L. Laake. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs. Supplement to The Journal of Wildlife Management* 44(2): 201-203.
- Cantú, J.C., M.E. Sánchez, M. Grosselet, y J. Silva. 2007. Tráfico ilegal de pericos en México. Una evaluación detallada. *Defenders of Wildlife/Teyeliz, Washington D.C.* 75 pp.
- Carreón, A. G. 1997. Estimación poblacional, biología reproductiva y ecología de la nidificación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en una selva estacional de Jalisco, México. Tesis para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Carreón, A.G. 2006. Ecología y biología de la conservación de la guacamaya roja (*Ara macao*) en la selva lacandona, Chiapas, México. Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Casagrande, D. G. y S. Beissinger. 1997. Evaluation of tour methods estimating parrot population size. *The Condor* (99): 445-457.
- Casas A. G. y X. Aguilar. 2002. Anfibios y reptiles de agua dulce de Sinaloa. En Cifuentes L. J. y J. Gaxiola (Eds.). *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa. Pp. 321-341.

- Ceballos, G. 1995. Vertebrate diversity, ecology and conservation in neotropical dry deciduous forest. En Bullock, S., H. Money y E. Medina (Eds.). Seasonal dry forest. Cambridge University Press. Pp. 195-220.
- Ceballos, G. y G. Oliva (Coords.) 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México. D.F.
- Ceballos, G., A. García, I. Salazar y E. Espinoza. Conservación de los vertebrados en las selvas secas: patrones de distribución, endemismos y vulnerabilidad. En Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaury y R. Dirzo (Eds). Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 369-383.
- Céspedes, S. y E. Moreno. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental* 2(2):5-13.
- Challenger, A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. CONABIO, Instituto de Biología-UNAM y Sierra Madre. 847 pp.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México. Pp. 87-108.
- Chassot, O., G. Monge y G. Powell. 2006. Biología de la conservación de la lapa verde (1994-2006), 12 años de experiencia. San Pedro, Costa Rica. Centro Científico Tropical. 12 pp.
- CITES. 2011. Appendices I, II and III. www.cites.org/eng/app/appendices.shtml.
- Collar, N.T. y A.T. Juniper. 1992. Dimensions and causes of the parrot conservation crisis. *New World Parrots in Crisis*, pp. 1-24. En S. R. Beissinger y N. F. Snyder (eds.). *New World parrots in crisis: solution from conservation biology*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. *Capital natural y bienestar social*. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) 2010. Convenio sobre la Biodiversidad Biológica. En http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/cdb.html

- De la Parra, S. 2008. Abundancia relativa de psitácidos en dos áreas importantes para la conservación en Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Área de Ecología. Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa.
- De la Parra-Martínez, S.M. 2011. Efecto de la variabilidad climática sobre la reproducción del loro corona lila (*Amazona finschi*). Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias Biológicas, Orientación en Biología Ambiental. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 59 pp.
- De la Parra-Martínez, S., K. Renton, A. Salinas-Melgoza y L. Muñoz-Lacy. 2015. Tree-cavity availability and selection by a large-bodied secondary cavity-nester: the Military Macaw. *J. Ornithol.* 156: 489-498.
- Diamond, J. 2000. Los loros se sientan en la mesa. *Mundo Científico* 210: 68-69.
- Dirzo, R. y Miranda, A. 1991. Altered patterns of herbivory and diversity in the forest understory: a case study of the possible consequences of contemporary defaunation. En P.W. Price, T.M.; Lewinsohn, G.W. Fernandes y W.W. Benson (Eds). *Plant-Animal Interactions: Evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. Wiley and Sons Pub. 32 New York. Pp 273-287.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1999. Acuerdo por el que se crea el Comité Técnico Consultivo Nacional para la Recuperación de Especies Prioritarias. *Diario Oficial de la Federación*, miércoles 23 de junio de 1999.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Norma Oficial Mexicana de Ecología 059 (NOM-059-ECOL-2001). Protección Ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, Jueves 30 de diciembre de 2010.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2008. Decreto por el que se adiciona un artículo 60 Bis 2 a la Ley General de Vida Silvestre. Especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación. *Diario Oficial de la Federación*, martes 14 de octubre de 2008.
- Dobkin, S. D., A. C. Rich, J. A. Pretare y W. H. Pyle. 1995. Nest-site relationships among cavity-nesting birds of riparian and snowpocket aspen woodlands in the Northwestern Great Basin. *The Condor* 97:694-707.

- Drickamer, L. C. y S. H. Vessey. 1992. *Animal Behavior*. Wm. C. Brown Publishers. USA. Pp. 316-335.
- Estrada, A. y Coates-Estrada R. 2003. *Las selvas tropicales húmedas de México*. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 97-108.
- Fajardo, L., V. González, J. Nassar, P. Lacabana, C. Portillo, F. Carrasquel y J. P. Rodríguez. 2002. *Tropical Dry Forest of Venezuela: Characterization and current conservation status*. *Biotropica* 37(4): 531-546.
- Forshaw, J.M. 2006. *Parrots of the world*. Princeton University Press. 172 pp.
- Galavíz, S. A. 2003. *El medio físico del estado de Sinaloa*. En Cifuentes L. J. y J. Gaxiola (Eds.). *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa. Pp. 1-11.
- García, A. 2013. *Crónicas Mineras*. Ed. Universidad Autónoma de Sinaloa. Pp.235-242.
- Gaucín, N., 2000. *Biología de la conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en el Sótano del Barro, Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L204. México D. F.
- Gentry, A. H. 1995. *Diversity and floristic composition of neotropical dry forest*. En Bullock, S.H., H.A. Mooney y E. Medina (Eds.). *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press. Pp. 146-194.
- Gibbs J. P. 2000. *Monitoring populations*. En Boitani L. and T. Fuller (Eds.). *Methods and cases in conservation science*. Columbia University Press. New York. Pp. 213-252.
- GES. 2010. *Cosalá Pueblo Minero, Pueblo Mágico*. Gobierno del Estado de Sinaloa, Instituto Sinaloense de la Cultura, Secretaría de Educación Pública y Cultura. México.
- Gordon, O. y J. Wittenberger. 1991. *Spatial and temporal scales in habitat selection*. *The American Naturalist*. 137 S29-S49.
- Greenberg, R., P. Bichier, A. Cruz y R. Reitsma. 1997. *Bird population in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala*. *Conservation Biology* 11(2): 448-449.
- Gysel, L.W. y L. Jack Lyon. 1987. *Análisis y evaluación del hábitat*. En R. Rodríguez Torres (ed.). *Manual de técnicas de gestión de vida silvestre*. The Wildlife Society, INC. Maryland, USA. Pp. 321-344.
- Holle, K. 1991. *Guacamayos silvestres en Perú. Un futuro optimista*. *Naturaleza*. Pp. 57-65.
- Howell, S. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. Pp. 851.

- Hurlbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*. 54 (2): 187-211.
- Huntingford, F. 1984. *The study of animal behaviour*. Chapman and Hall. New York. Pp. 167-168, 293-295.
- Hutto, R. L. 1985. Habitat selection by nonbreeding migratory land birds. En *Habitat selection in Birds*. Cody, M. L. (Ed.). Academic Press, Inc. Orlando, Florida, USA.
- Ibarra, G., G. Cornejo, N. Bonzález, E. Piedra y A. Luna. 2012. El Género *Ficus* L. (Moraceae) en México. *Botanical Sciences* 90 (4): 389-452.
- Iñigo, E. E. 1996. Ecology and breeding biology of the scarlet macaw (*Ara macao*) in the Usumacinta drainage basin of Mexico y Guatemala. Ph. D. Dissertation University of Florida. 117 pp.
- Iñigo, E. E. y M. A. Ramos. 1991. The psittacinae trade in Mexico. En G. J. Robinson y K. H. Redford (Eds.). *Neotropical wildlife use and conservation*. The University of Chicago Press. 491 pp.
- Iñigo, E. E. 2000. Estado de Conservación de las guacamayas verde (*Ara militaris*) y escarlata (*Ara macao*) en México. In: www.audubon.org/local/latin/bulletin/6/featuredesp.html.
- James, F. C. y C. E. McCulloch. 1985. Data analysis and the design of experiments in ornithology. En R. F. Johnston (Ed.). *Current ornithology* Vol. 2. Plenum Press, New York, NY, USA. Pp. 1-63
- Janzen, D. H. 1986. Tropical dry forest: the most endangered mayor tropical ecosystem. En E.O. Wilson (Ed.) *Biodiversity*. National Academy Press, Washington. Pp. 130-137.
- Joy, J.B., 2000. Characteristics of nest cavities and nest trees of the Red-breasted Sapsucker in coastal montane forest. *The Journal of Field Ornithology* (71) 525-530.
- Juniper, T. y M. Parr. 1998. *Parrots. A guide to parrots of the world*. Yale University Press. London, UK.
- Justiano, M.J., y T. S. Fredericksen. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forest. *Biotropica*. 32:276-281.
- Kamil, A. C. 1988. Experimental design in ornithology. En R. F. Johnston (Ed.). *Current Ornithology*. Vol. 5. Plenum Press, New York, N. Y., U. S. A. Pp. 313-346.

- Karubian, J., J. Fabara, D. Yunes, J. Jorgenson, D. Romo y T. Smith. 2005. Temporal and spatial patterns of macaw abundante in the ecuadorian amazon. *The Condor* 107:617-626.
- Kattan, G. H. 1992. Rarity and vulnerability: the birds of the Cordillera Central of Colombia. *Conservation Biology*. 6(1): 64-70.
- Kenneth, F.H., J. L. Oldemeyer, K. J. Jenkins, G. K. Clambey y R. F. Harlow. 1997. Vegetation Sampling and Measurement. En *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Bookhout T. (Ed). The Wildlife Society, Begthesda, Maryland. EUA. Pp. 567-591.
- Kinnaird, M. F., T. O. O'Brien, F. R. Lambert y D. Purmiasa. 2003. Density and distribution of the endemic Seram Cockatoo *Cacatua moluccensis* in relation to land use patterns. *Biol. Conserv.* 109:227–235.
- Lampila, P., M. Monkkonen y A. Desrochers. 2005. Demographic responses by birds to forest fragmentation. *Conservation Biology*. 19(5): 1537-1546.
- Lanning, D. V. 1991. Distribution and breeding biology of the red-fronted macaw. *Wilson Bull.* 103(3):357-365.
- Leopold, A. S. 1959. *Fauna Silvestre de México*. Instituto Mexicano de Recursos Renovables. México.
- Lott, E., S. H. Bullock y J. A. Solis. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. *Biotropica* 19(3): 228-235.
- Loza, S. 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 para obtener el título de Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Maass, J. 1995. Conversion of tropical dry forest to asture and agriculture. En S. Bullock, H. Mooney y E. Medina (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. Pp 337- 360.
- Maass, M.; A. Búrquez, I. Trejo, D. Valenzuela, M. González, M. Rodrigues y H. Arias. 2010. Amenazas. En Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaury y R. Dirzo (Eds). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 322-346.

- Macías, C. C., E. Iñigo y E. Enkerlin. 2000. Proyecto de Recuperación de Especies Prioritarias: Proyecto Nacional para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Psitácidos de México. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP, México, DF.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey. Pp. 34-41.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. Pp. 100-130. Oxford. UK.
- Marín-Togo, M., T. Monterrubio- Rico, K. Renton, Y. Rubio-Rocha, C. Macías-Caballero, J. Ortega-Rodríguez y R. Cancino-Murillo. 2012. Reduced current distribution of Psittacidae on the Mexican Pacific coast: potential impacts of habitat loss and capture for trade. *Biodiversity and Conservation* 21 (2): 451-473.
- Martin, T.E. 1995. Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecological Monographs* 65: 101-127.
- Marsden, S.J. 1992. The distribution, abundance and habitat preferences of the Salmon-crested Cockatoo *Cacatua moluccensis* on Seram, Indonesia. *Bird Conserv. Int.*2: 7–14.
- Marsden, S.J. y J.D. Pilgrim. 2003. Factors influencing the abundance of parrots and hornbill in pristine and disturbed forests on New Britain. *Ibis* 145:45–53.
- Marsden, S.J. y C.T. Symes. 2006. Abundance and habitat associations of parrots at a hillforest site in Papua New Guinea. *Pacific Conserv. Biol.* 12:15–21.
- Mooney, H., S. Bullock y E. Medina E. 1995. Introduction. En Bullock S. H., Mooney H.A., Medina E. (Eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Pp 1–8.
- Monge, G. y A. Rothman. 2007. Conservación y turismo sostenible en la Ruta de Aves de Costa Rica: San Juan- La Selva. *Mesoamericana* Vol. 11(3): 30. Edición Especial. México.
- Monterrubio, T. 2003. Ecología y situación actual de las especies prioritarias de psitácidos de la vertiente del Pacífico Mexicano. Protocolo de proyecto de investigación. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-CONACYT-SEMARNAT. Morelia, Michoacán, México. Clave de identificación SEMARNAT-2002-C01-0021.
- Monterrubio, T. y E. Enkerlin. 2004. Present use and characteristics of Thick-billed Parrot nest sites in northwestern Mexico. *J. Field Ornithol.* 75(1):96-103.

- Monterrubio T. y P. Escalante. 2006. Richness, distribution and conservation status of cavity nesting birds in Mexico. *Biological Conservation* 128 (67-78).
- Monterrubio-Rico, T., M. De Labra-Hernández, J. Ortega-Rodríguez, R. Cancino-Murillo y J. Villaseñor-Gómez. 2010. Distribución actual y potencial de la guacamaya verde en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1311-1319
- Monterrubio, T. 2012. Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) y su hábitat en áreas prioritarias de conservación en México. Informe Final Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) Ejercicio Fiscal 2012. Presenta la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 108 pp.
- Morales, L. 2005. Evaluación de la abundancia poblacional y recursos alimenticios para tres géneros de psitácidos en hábitats conservados y perturbados de la costa de Jalisco, México. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Biología. UNAM.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. U.S.A. 547 pp.
- Muñoz, L. L. 2014. Uso del habitat y recursos alimenticios por la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la costa de Jalisco y su potencial para el ecoturismo. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ortiz, M. C. 2000. Uso de paisaje por la cotorra serrana oriental (*Rhynchospitta terrisi*) Tesis de Maestría. ITESM. Monterrey, Nuevo León. México.
- Osorno, J.L., R. Torres y C. Macías. 2002. El papel del estudio de la conducta en la conservación de las aves. En Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (Eds.). Conservación de aves. Experiencias en México. CIPAMEX. Pp. 262-289.
- Partridge, L. 1978. Habitat selection. En J. R. Krebs y N. B. Davies (Eds.). Behavioural Ecology: an evolutionary approach. Blackwell Scientific Publications. Oxford, USA. Pp 351-376.
- Pennington, T. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Ediciones Científica Universitarias. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México. 523 pp.
- Pérez, J. y Eguiarte L. E. 1989. Situación actual de tres especies del género Amazona (*A. ochrocephala*, *A. viridiginalis*, y *A. Autumnalis*) en el Noroeste de México. *Vida Silvestre Neotropical* 2(1):63-67.

- Pérez, P. A. 1986. Manual de laboratorio de ecología vegetal. Universidad Veracruzana. Textos universitarios. 41 pp.
- POES (Periódico Oficial El Estado de Sinaloa). 2002. Decreto que declara área natural protegida de jurisdicción local, con el carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, la región conocida como El Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria. Culiacán, Sinaloa 27 de Marzo. No. 038.
- Peterson, R.T. y E. L Chalif. 1989. Aves de México. Guía de campo. Ed. Diana. México, D.F. 473 pp.
- Petit, L. y D. R. Petit. 2003. Evaluating the Importance of Human-Modified Lands for Neotropical Bird Conservation. *Conservation Biology* 17 (3): 687-694.
- Pulliam, R. y B. J. Danielson. 1991. Source, sinks, and habitat selection: a landscape perspective on population dynamics. En *The American Naturalist*. 137: S50-S66.
- Ratti, J. y R. Garton. 1997. Research and experimental design. En *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Bookhout T. (Edit). The Wildlife Society, Bethesda, Maryland. EUA. Pp. 1-22.
- Renton, K. 2001. Lilac-crowned parrot diet and food resource availability: resource tracking by a parrot seed predator. *The Condor* 103: 62-69.
- Renton, K. 2002. Seasonal variation in occurrence of macaws along a rainforest river. *J. Field Ornithol.* 73(1): 15-19.
- Renton, K. y A. Salinas Melgoza. 2002. *Amazona finschi* (Sclater 1864) Loro corona lila. En *Historia Natural de Chamela*. Noguera, F., J. Vega, A. García y M. Quesada (Edits.). Instituto de Biología-UNAM. Pp. 40-41.
- Reyes, M. C. 2007. Biología reproductiva de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Cañada Oaxaqueña, dentro de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis para obtener el título de Maestra en Ciencias. CIIDIR-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional.
- Reynolds, R., J. Scott y R. Nossbaum. 1980. A variable circular plot method for estimating bird number. *The Condor* 82:309-313.
- Rigel, B. J., T. W. Sherry y B. E. Young. 2006. Avian community response to lowland Tropical Rainforest isolation: 40 years of change at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Conservation Biology*: 20(1) 111-121.

- Ríos-Muñoz, C. A. y A. G. Navarro-Sigüenza. 2009. Efectos del cambio de uso de suelo en la disponibilidad de hábitat para los psitácidos de México. *Ornitología Neotropical* 20:491-509.
- Rivera-Ortiz, F., A. Contreras-González, C. Soberanes-González, A. Valiente-Banuet and M. Arizmendi. 2008. Seasonal abundance and breeding chronology of the military macaw (*Ara militaris*) in a semi-arid region of Central Mexico. *Ornitologia Neoropical* 19:255-263. The Neotropical Ornithological Society.
- Rivera-Ortíz, F., K. Oyama, C. Ríos-Muñoz, S. Solórzano, A. Navarro-Sigüenza and M. Arizmendi. 2013. Habitat characterization and modeling of the potential distribution of the Military Macaw (*Ara militaris*) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84:1200-1215
- Rivera-Ortíz, F. A. 2014. Genética de la conservación, pérdida y caracterización del hábitat de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en México. Tesis para la obtención del grado de Doctor en Ciencias. Centro de Investigaciones en Ecosistemas y Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. 146 pp.
- Rosser, A. y S. Mainka. 2002. Over exploitation and species extinctions. *Conservation Biology* (16) 584-586.
- Rubio, R. Y. 2001. "Caracterización del hábitat de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en Cosalá Sinaloa, México". Informe Técnico Final. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Clave del proyecto C-1-97/4.
- Rubio, R. Y. 2003. Riqueza biológica del bosque tropical seco. En Cifuentes L. J. y J. Gaxiola (Eds.). Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa. El Colegio de Sinaloa. Pp. 287-295.
- Rubio, Y. y J. Beltrán. 2003. Problemática ambiental del bosque tropical seco en Sinaloa. En Karam C. y J. Beraud (Coord.). Sinaloa y su ambiente: visiones del presente y perspectivas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México, pp. 329-360.
- Rubio, R. Y. 2006. Ecología y conservación de guacamaya verde y otros psitácidos. En Cifuentes L. J. y J. Gaxiola (Eds.). Atlas de la Conservación de Sinaloa. El Colegio de Sinaloa. Pp. 151-160.

- Rubio, Y., A. Beltrán, F. Avilez, B. Salomón y M. Ibarra. 2007 a. Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) y otros psitácidos en una reserva ecológica universitaria, Cosalá, Sinaloa, México. *Mesoamericana* 11(2): 62-69.
- Rubio R. Y., R. Medellín y A. Beltrán. 2007 b. Estructura de hábitats de *Ara militaris* en una región prioritaria del noroeste de México. *Mesoamericana Edición Especial* 11(3): 286-287.
- Rubio, Y., H. Bárcenas y A. Beltrán. 2010. El Mineral de Nuestra Señora, Cosalá Sinaloa. En Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaury y R. Dirzo (Eds). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 410-414.
- Rubio, Y., M. Corrales y C. Arredondo. 2012. Informe de las actividades de septiembre de 2011 a octubre de 2012 Proyecto Aviario de la Guacamaya en la Reserva Ecológica Universitaria, Cosalá Sinaloa. UMA DE NUESTRA SEÑORA, COSALA SINALOA, MEXICO Clave de registro: DGVS-CR-IN-0945-SIN./07. SEMARNAT Delegación en Sinaloa.
- Rubio, Y., F. Avilez y C. Guerrero. 2013. Avances de la ecología y conservación de psitácidos en Sinaloa, México. En *La investigación científica, tecnológica y social en la UAS I (PROFAPI 2009)*. Ed. UAS. Pp. 479-488.
- Rzedowski, J. 1994. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Salinas, M. A. 2003. Dinámica espacio-temporal de individuos juveniles de loro corona lila (*Amazona fischeri*) en el bosque seco de la costa de Jalisco. Tesis de Maestría. Instituto de Biología-UNAM. 59 pp.
- Salinas-Melgoza, A. and K. Renton. 2005. Seasonal variation in activity patterns of juvenile Lilac-crowned Parrots in tropical dry forest. *Wilson Bulletin* 117:291–295.
- Sarukhán, J., *et al.* 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 100 pp.
- Sauceda, L. R. y M. P. Gómez. 2003. La actividad agrícola y su impacto en el medio ambiente. En Cifuentes L. J. y J. Gaxiola (Eds.). *Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa. Pp. 417-426.

- Saunders, D.A. 1990. Problems of survival in an extensively cultivated landscape: the case of the Carnaby's Cockatoo *Calyptorhynchus funereus latirostris*. *Biological Conservation* 54:277-290.
- Saunders, D.A., G.T. Smith y I. Rowley. 1982. The availability and dimensions of tree hollows that provide nest sites for cackatoos (Psittaciformes) in western Australia. *Aust. Wildl. Res.* 9:541-556.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Metodología para la Revisión y Validación de la Cartografía de la Deforestación en Bosques y Selvas Periodo 1993-2000. Estado de Sinaloa.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Semarnat, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. CONAFOR, INE, INIFAP, INEGI. México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México.
- SPD (Secretaría de Planeación y Desarrollo). 2001. Estudio Técnico Para Fundamentar la Declaratoria de Área Natural Protegida del Mineral de Nuestra Señora de La Candelaria, Cosalá, Sinaloa, México. Gobierno del Estado de Sinaloa. 55 pp.
- Sigel, B. J., T. Sherry y B. E. Young. 2006. Avian community response to lowland tropical rainforest isolation: 40 yearsw of change at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Conservation Biology*. 20(1)111-121.
- Snyder, N.F. R., P. McGowan, J. Gilardi y A. Gramal (Eds.) 2000. Parrots. Status Survey and Conservation Action Plan 2000-2004. IUCN The World Conservation Union. Oxford, UK
- Thiollay, J. M. 1992. Influence of selective logging on bird species diversity in a Guianan rain forest. *Conservation Biology*. 6(1): 47-63.
- Toledo, V. M. (1992). Bio-economic cost. En T. Downing, S. Hecht y H. Pearson (edits.). *Development or destruction? The conversion of tropical forest to pasture in Latin America*. New York: Westview Press.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a nacional and local análisis in Mexico. *Biological Conservation*. (94): 133-142.

- Trejo, I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. En Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaury y R. Dirzo (Eds). Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. F.C.E. México. Pp.41-51.
- Vega, J., M. Arizmendi y L. Morales. 2010. Aves. En Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaury y R. Dirzo (Eds). Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica. México. Pp.145-164.
- Vega, R., G. Bojórquez y F. Hernández. 1989. Flora de Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa. 49 pp.
- Velázquez, A. y G. W. Heil. 1996. Habitat suitability study for the conservation of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*). Journal of Applied Ecology 33: 543-554.
- Wille, C. 1992. Military Macaws in Guatemala. American Birds. 46(1):25-31.
- Wright, T., C. Toft, E. Enkerlin, J. Gonzalez, M. Albornoz, A. Rodríguez, F. Rojas, V. Sanz, A. Trujillo, S. Beissinger, V. Berovides, X. Gálvez, A. Brice, K. Joyner, J. Eberhard, J. Gilardi, S. Koenig, S. Stoleson, P. Martuscelli, M. Meyers, K. Renton, A. Rodríguez, A. Sosa, F. Vilella y J. Wilely. 2001. Nest poaching in Neotropical Parrots. Conservation Biology 15(3): 710-720.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. New Jersey. U.S.A. 718 PP.

ANEXOS

Anexo 1

Lista de especies arbóreas de Cosalá, Sinaloa, México.

Especies	Nombre científico	Nombre común
1	<i>Acacia cochliacantha</i> H. & B. ex Wills.	vinolo
2	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	vinorama
3	<i>Acacia hindsii</i> Benth.	jarretadera
4	<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. & Cham) Benth.	algarrobo
5	<i>Adelia vaseyi</i> (Coult) Pax. & Moff.	chinito 2
6	<i>Albizzia occidentalis</i> T. S. Brandegee	bolillo
7	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	frijolillo
8	<i>Annona squamosa</i> L.	anona
9	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) Lerog.	cuachichile
10	<i>Ardisia revoluta</i> H.B.K.	laurel
11	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	apomo
12	<i>Buddleia parviflora</i> H.B.K.	tepozán
13	<i>Bunchosia palmeri</i> S. Wats.	garbancillo
14	<i>Bursera laxiflora</i> S. Wats.	copal
15	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	palo mulato
16	<i>Bursera</i> spp.	papelillo
17	<i>Caesalpinia platyloba</i> S Watz.	arellano
18	<i>Caesaria arguta</i> H.B.K.	chilillo
19	<i>Caesaria dolichophylla</i> Standl.	chilillo
20	<i>Casearia sylvatica</i> Sw.	guayabillo
21	<i>Casimiroa edulis</i> Llave & Lex	zapote
22	<i>Ceanothus coeruleus</i> Lag.	palo colorado
23	<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro blanco
24	<i>Cedrela salvadorensis</i>	cedro
25	<i>Ceiba aesculifolia</i> (H.B.K.) Britt & Baker	pochote
26	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	rosa amarilla
27	<i>Comocladia palmeri</i> Rose engleriana Loesener	hinchá huevo
28	<i>Conzattia sericea</i> Standley	navío
29	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken Cham	amapa prieta
30	<i>Coutarea pterosperma</i> (S. Wats.) Standl.	copalquín
31	<i>Croton</i> spp.	vara blanca
32	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	huanacastle
33	<i>Erythrina lanata</i> Rose Ssp. Occidentalis (Standl.) Klr. & B.	colorín
34	<i>Erythroxylum mexicana</i> H.B.K.	patade pájaro
35	<i>Eugenia sinaloae</i> Standl.	eugenia

36	<i>Eysenhartia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	palo dulce
37	<i>Ficus cotinifolia</i> H.B.K.	capule o macapule
38	<i>Ficus glaucescens</i> (Liebm.) Miquel	zalate, salate
39	<i>Ficus mexicana</i> Miq.	higuera
40	<i>Ficus padifolia</i> H.B.K.	camichin
41	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	guásima
42	<i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq.	jútamo
43	<i>Haematoxylum brasiletto</i> Karst.	brasil
44	<i>Hura polyandra</i> Baill	haba
45	<i>Ipomoea arborescens</i> (Humb. & Bonpl.) Don	palo blanco
46	<i>Jacquinia macrocarpa</i> Cav.	san juan
47	<i>Jatropha angustidens</i> (Torr) Muell.	tachinole
48	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Roem. Et Schult.) Zucc.	negrito
49	<i>Karwinskia latifolia</i> Standl.	piojillo
50	<i>Lasiocarpus ovatifolius</i> Nied.	lasiocarpus
51	<i>Lonchocarpus lanceolatus</i> Benth.	talistillo
52	<i>Lonchocarpus megalanthus</i> Pittier	jumai
53	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) H.B.Q.	taliste
54	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth.	tepehuaje
55	<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) Macbride	mauto
56	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	mora
57	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i> (Engelmann) Britton et Rose	cardón
58	<i>Pisonia capitata</i> (Wats.) Standl.	garabato
59	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	guamuchil
60	<i>Pithecellobium mangense</i> (Jacq.) Macbr.	ebano
61	<i>Platymiscium trifoliatum</i> Benth.	palo santo
62	<i>Plumeria rubra</i> L.	cacaloxóchilt
63	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	clavellina
64	<i>Psidium sartorianum</i> (Berg) Niedenzu.	arrayán
65	<i>Quercus aff. acutifolia</i> Nee.	bellota
66	<i>Quercus chihuahuensis</i> Trel.	encino
67	<i>Quercus spp.</i>	encino hoja grande
68	<i>Randia echinocarpa</i> Moc. y Sessé.	papache
69	<i>Randia mitis</i> L.	crucecilla
70	<i>Rhus terebinthifolia</i> Schlecht. & Cham	paguay
71	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	sabal
72	<i>Sapindium saponaria</i> L	amole
73	<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl	hiza
74	<i>Sapium pedicellatum</i> Huber.	higuerilla brava
75	<i>Senna atomaria</i> (L.) I. & B.	miados de toro
76	<i>Sideroxylon persimile</i> (Hemsl.) T.D. Penn.	cupía
77	<i>Tabebuia palmeri</i> Rose.	amapa prieta
78	<i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl.	amapa rosa

79	<i>Tabernaemontana amygdaefolia</i> Jacq.	tapaco
80	<i>Taxodium mucronatum</i>	sabino
81	<i>Thounidium decandrum</i> H.B.K.	periquillo
82	<i>Thrichilia havanensis</i> Jacq.	hiza o triquilia
83	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.)Griseb.	quemadora
84	<i>Vitex mollis</i> H.B.K.	guayabillo
85	<i>Willardia mexicana</i> (S. Wats.) Rose	palo nesco
86	<i>Wimmeria confusa</i> Hemsl.	acedilla
87	<i>Zanthoxylum arborescens</i> Rose	zorrillo
88	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	limoncillo

ANEXO 2

Características físicas y biológicas de las unidades de monitoreo en Cosalá, Sinaloa, México.

Unidad	Transecto	Fecha	Zona	Tipo hábitat	Abun/ind	Altura dosel	Área basal	Riqueza	H' unidad	H' transecto
El Palmar	1	15-mar-98	ladera	conservado	27	6.2	233.6	9	3.42	1.7
El Palmar	2	15-mar-98	ladera	conservado	16	12.3	1169.6	10	3.42	2.17
El Palmar	3	16-mar-98	ladera	conservado	35	10.6	329.1	16	3.42	2.4
El Palmar	4	16-mar-98	ladera	perturbado	9	9.6	264.7	1	3.42	0.2
El Palmar	5	16-mar-98	ladera	conservado	19	11.6	439.2	2	3.42	2.4
El Palmar	6	16-mar-98	ladera	conservado	24	14.0	3782.0	13	3.42	2.74
El Palmar	7	12-may-98	ladera	conservado	42	11.1	357.6	18	3.42	3.45
El Palmar	8	12-may-98	ladera	perturbado						
La Seca	1	04-may-98	ladera	perturbado	26	6.5	374.3	10	3.59	2.2
La Seca	2	04-may-98	ladera	muy perturbado	22	11.4	3886.1	11	3.59	2.14
La Seca	3	01-may-98	ladera	perturbado	15	9.7	1302.4	7	3.59	1.75
La Seca	4	01-may-98	ladera	perturbado	22	6.2	492.5	9	3.59	2.04
La Seca	5	14-may-98	ladera	perturbado	22	7.9	75.4	10	3.59	2.03
La Seca	6	01-may-98	ladera	perturbado	38	8.0	267.6	17	3.59	2.31
La Seca	7	14-may-98	ladera	perturbado	25	9.0	1625.5	14	3.59	2.43
La Seca	8	02-may-98	ladera	conservado	24	6.9	780.5	10	3.59	2.04
Santiaguillo	1	03-abr-98	ladera	conservado	26	9.6	8118.7	14	3.67	2.4
Santiaguillo	2	02-may-98	ladera	conservado	33	6.3	402.8	17	3.67	2.63
Santiaguillo	3	02-may-98	ladera	conservado	23	7.4	369.5	6	3.67	1.01
Santiaguillo	4	02-may-98	ladera	conservado	42	6.1	233.8	18	3.67	2.63
Santiaguillo	5	13-may-98	ladera	conservado	11	8.2		6	3.67	1.6
Santiaguillo	6	13-may-98	ladera	conservado	30	8.5	791.8	17	3.67	2.63
Santiaguillo	7	13-may-98	ladera	conservado	24	7.9	557.0	13	3.67	2.42
Santiaguillo	8	13-may-98	ladera	perturbado	31	6.9	611.6	15	3.67	2.43
Santa Ana	1	02-abr-98	ladera	muy perturbado	12	10.1	1940.3	9	3.52	2.14
Santa Ana	2	02-abr-98	ladera	perturbado	26	6.9	406.6	10	3.52	2
Santa Ana	3	02-abr-98	ladera	perturbado	20	8.9	639.7	16	3.52	2.79
Santa Ana	4	02-abr-98	ladera	perturbado	17	7.0	431.0	3	3.52	1.06
Santa Ana	5	03-abr-98	ladera	conservado	31	6.6	474.1	14	3.52	2.58
Santa Ana	6	03-abr-98	ladera	conservado	38	8.1	2981.4	15	3.52	2.51
Santa Ana	7	03-abr-98	ladera	perturbado	11	8.5	1318.7	4	3.52	1.48
Santa Ana	8	13-may-98	ladera	perturbado	30	6.7	1355.8	9	3.52	1.88
La Candelaria	1	03-may-98	ladera	conservado	53	6.4	189.2	16	3.63	2.46
La Candelaria	2	03-may-98	ladera	perturbado	43	6.9	624.5	23	3.63	2.83
La Candelaria	3	03-may-98	ladera	muy perturbado	29	6.8	680.9	16	3.63	2.54
La Candelaria	4	03-may-98	ladera	conservado	57	7.3	285.3	16	3.63	2.31
La Candelaria	5	14-may-98	ladera	perturbado	24	9.2	458.8	13	3.63	
La Candelaria	6	17-mar-98	ladera	conservado	30	19.0	1600.1	13	3.63	2.22
La Candelaria	7	11-may-98	ladera	muy perturbado	18	5.0	690.9	8	3.63	2.21
La Candelaria	8								3.63	1.77
Los Braceros	1	16-jun-98	pie de monte	perturbado	21	9.3	318.9	12	3.15	2.06
Los Braceros	2	16-jun-98	pie de monte	conservado	25	9.2	631.2	14	3.15	2.05
Los Braceros	3	16-jun-98	pie de monte	muy perturbado					3.15	
Los Braceros	4	27-jun-98	pie de monte	perturbado	23	11.8	1582.5	13	3.15	2.67
Los Braceros	5	27-jun-98	pie de monte	muy perturbado					3.15	
Los Braceros	6	27-jun-98	pie de monte	muy perturbado					3.15	
Los Braceros	7	27-jun-98	pie de monte	muy perturbado					3.15	
Los Braceros	8								3.15	
Carricitos	1	27-jun-98	pie de monte	perturbado	39	6.1	697.3	8	2.2	1.38
Carricitos	2	27-jun-98	pie de monte	muy perturbado					2.2	
Carricitos	3	27-jun-98	pie de monte	muy perturbado					2.2	
Carricitos	4	27-jun-98	pie de monte	conservado	41	6.9	349.0	15	2.2	2.13
Carricitos	5	27-jun-98	pie de monte	muy perturbado					2.2	
Carricitos	6								2.2	
Carricitos	7								2.2	
Carricitos	8								2.2	
Palo Verde	1	05-jul-98	pie de monte	perturbado	17	8.4	648.5	14	2.85	2.59
Palo Verde	2	05-jul-98	pie de monte	muy perturbado	25	6.7	689.7	8	2.85	1.79
Palo Verde	3	05-jul-98	pie de monte	perturbado	29	9.4	1002.7	10	2.85	1.86
Palo Verde	4	05-jul-98	pie de monte	muy perturbado	27	7.9	468.6	10	2.85	1.97
Palo Verde	5	05-jul-98	pie de monte	perturbado	26	8.9	461.6	12	2.85	2.21
Palo Verde	6	05-jul-98	pie de monte	muy perturbado	33	7.1	252.4	11	2.85	
Palo Verde	7	05-jul-98	pie de monte	muy perturbado					2.85	
Palo Verde	8	05-jul-98	pie de monte	muy perturbado					2.85	
La Estancia	1	28-jun-98	pie de monte	muy perturbado					2.24	2.24
La Estancia	2	29-jun-98	pie de monte	muy perturbado					2.24	
La Estancia	3	30-jun-98	pie de monte	muy perturbado					2.24	
La Estancia	4	01-jul-98	pie de monte	muy perturbado					2.24	
La Estancia	5								2.24	
La Estancia	6								2.24	
La Estancia	7								2.24	
La Estancia	8								2.24	
Agua Fria	1	05-jul-98	pie de monte	conservado	23	7.5	368.4	12	2.72	
Agua Fria	2	30-ago-98	pie de monte	muy perturbado	32	4.7	143.0	7	2.72	2.29
Agua Fria	3	30-ago-98	pie de monte	conservado	37	7.1	426.1	14	2.72	1.32
Agua Fria	4								2.72	2.33
Agua Fria	5								2.72	
Agua Fria	6								2.72	
Agua Fria	7								2.72	
Agua Fria	8								2.72	

Anexo 3

Lista de personas de las comunidades aledañas entrevistadas:

1. Sr. Bernabé Vidal (El Palmar)
2. Sr. Porfirio (El Palmar)
3. Sr. Raúl Campos (Cosalá) Vendedor de psitácidos retirado
4. Sr. Daniel Vidal (Cosalá)
5. Sr. Adrián Sánchez Reséndiz (La Seca) velador del sitio, trabajador de la UAS
6. Sr. Magdaleno Sánchez Reséndiz (La Seca)
7. Sr. Francisco Sánchez López (La Seca)
8. Sr. Filomeno (Santa Ana) Comisariado
9. Efraín (Santa Ana) joven jornalero.
10. Sr. Enrique Félix (Agua Fría) Comisariado
11. Sr. José de Viborillas (La Candelaria) Jornalero
12. Juan (Carricitos) joven jornalero.
13. Sr. Ramón Trujillo (Los Braceros)
14. Sra. Enriqueta (Los Braceros)
15. Sr. Valente Quintero (Los Braceros) ex velador del sitio, jubilado de la UAS

Cuestiones planteadas:

- 1.- Conoce la guacamaya verde?
- 2.- Dónde las ha observado? Cuántas? Cuándo?
- 3.- Dónde anidan? Y cuándo es la temporada reproductiva?
- 4.- Hay saqueo de nidos
- 5.- Qué representa la guacamaya verde para usted?

Las preguntas se plantearon mediante la técnica conocida como buen amigo, es decir, estableciendo un diálogo cordial y sobre el desarrollo del mismo ir obteniendo la información requerida, previo acuerdo con las personas. La información generada es muy valiosa pero se maneja a discreción minimizar sesgos y errores (Bibby *et al.* 2000).