

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia



**Modelado de nicho ecológico actual de dos especies de psitácidos en
peligro de extinción (*Ara macao cyanoptera* y *Amazona auropalliata*), en
Guatemala**

Informe de Tesis

Presentado por

Ana Rocío Silva Rivera

Para optar por el título de

Bióloga

Guatemala, noviembre de 2019

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

**Modelado de nicho ecológico actual de dos especies de psitácidos en
peligro de extinción (*Ara macao cyanoptera* y *Amazona auropalliata*), en
Guatemala**

Ana Rocío Silva Rivera

Bióloga

Guatemala, noviembre de 2019

JUNTA DIRECTIVA

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto	Decano
Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Giovani Rafael Funes Tobar	Vocal IV
Br. Carol Merarí Caceros Castañeda	Vocal V

DEDICATORIA

A mis padres, César Silva y Jeannette Rivera, por su apoyo y amor incondicional. Por siempre motivarme a seguir adelante y creen en mí.

A mi hermano por las risas, travesuras y apoyo a lo largo de mi vida. Gracias por siempre estar para mí.

A Erick López por su amor incondicional. Gracias por todas las aventuras y abrirme la mente a cosas nuevas.

A mi bisabuela Josefina Méndez por siempre apoyarme en mis decisiones y creer en mí.

Por último dedico esta tesis a mis amigos y profesores quienes me han acompañado a lo largo de mi vida y carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mis amigos y asesores, Rony García y Michelle Catalán, por su guía y apoyo incondicional siempre. Gracias a ustedes logré culminar este proceso.

A las instituciones que me apoyaron compartiendo información y sus conocimientos, Wildlife Conservation Society -WCS-Guatemala y Corredor de Loros Reservas y Santuarios -COLORES-.

En especial agradezco a Rony Alberto García Anleu, Pedro Pérez Díaz, Juan Cuz y José Luis Tzalam Cal de WCS por su trabajo invaluable en la conservación de la Guacamaya Roja, y la Selva Maya en Guatemala.

Un agradecimiento especial también a LoraKim Joyner, Colum Muccio y Manuel Galindo de COLORES, que gracias a su trabajo pude llevar a cabo mi tesis.

Por último, a la Universidad de San Carlos y al pueblo de Guatemala por permitirme cursar y culminar mis estudios.

ÍNDICE

1. RESUMEN	8
2. INTRODUCCIÓN.....	9
3. ANTECEDENTES	12
3.1. Psitácidos.....	12
3.1.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>)	13
3.1.1.1. Clasificación taxonómica.....	13
3.1.1.2. Descripción de la especie	13
3.1.1.3. Distribución	15
3.1.1.4. Estado de conservación	16
3.1.1.5. Estudios en Guatemala	17
3.1.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	19
3.1.2.1. Clasificación taxonómica.....	19
3.1.2.2. Descripción de la especie	20
3.1.2.3. Distribución	21
3.1.2.4. Estado de conservación	22
3.1.2.5. Estudios en Guatemala	23
3.2. Modelado de nicho ecológico.....	23
3.2.1. MaxEnt	24
3.3. Conservación en Guatemala.....	25
4. JUSTIFICACIÓN	27
5. OBJETIVOS	30
5.1. Objetivo General	30
5.2. Objetivos Específicos.....	30
6. HIPOTESIS	30

7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
7.1. Universo del estudio.....	31
7.1.1. Población.....	31
7.1.2. Muestra	31
7.2. Métodos	31
7.2.1. Colecta de datos en campo	31
7.2.2. Depuración de base de datos	31
7.2.3. Análisis de datos	32
7.2.3.1. Sitios con mayor probabilidad de ocurrencia	34
7.2.3.2. Zonas prioritarias de conservación.....	34
7.2.3.3. Vacíos de información.....	34
7.2.3.4. Representatividad dentro del SIGAP.....	35
8. RESULTADOS	38
8.1. Sitios con mayor probabilidad de ocurrencia	38
8.1.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>)	38
8.1.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	43
8.2. Zonas prioritarias de conservación.....	47
8.2.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>)	47
8.2.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	49
8.3. Vacíos de información.....	51
8.3.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>)	51
8.3.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	51
8.4. Representatividad dentro del SIGAP.....	54
8.4.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>)	54
8.4.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	56

9. DISCUSIÓN	59
9.1. Sitios con mayor probabilidad de ocurrencia	59
9.1.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>).....	59
9.1.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	60
9.2. Zonas prioritarias de conservación.....	61
9.2.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>).....	61
9.2.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	62
9.3. Vacíos de información.....	63
9.3.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>).....	63
9.3.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	64
9.4. Representatividad dentro del SIGAP.....	64
9.4.1. Guacamaya roja (<i>Ara macao cyanoptera</i>).....	64
9.4.2. Loro nuca amarilla (<i>Amazona auropalliata</i>).....	65
10. CONCLUSIONES.....	66
11. RECOMENDACIONES.....	67
12. REFERENCIAS.....	68
13. ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Izquierda: Ara macao cyanooptera alimentándose de frutos de la familia Zapotaceae en Selva Lacandona, México. Derecha: hábitat de la Guacamaya Roja en el Parque Nacional Laguna del Tigre, Guatemala..	15
Figura 2. Distribución de la Guacamaya roja. Fuente: UICN.	16
Figura 3. Dormidero de Loro nuca amarilla en alrededores del yacimiento arqueológico Takalik Abaj, Retalhuleu, Guatemala.	21
Figura 4. Distribución del Loro nuca amarilla. Fuente: UICN.	22
Figura 5. Gráfica del rango de omisión y área predicha del modelado de la distribución de A. m. cyanooptera	39
Figura 6. Gráfica de ROC para A. m. cyanooptera	39
Figura 7. Mapa de la distribución potencial de Guacamaya roja en Guatemala. ...	42
Figura 8. Gráfica del rango de omisión y área predicha del modelado de la distribución de A. auropalliata	43
Figura 9. Gráfica de ROC para A. auropalliata	44
Figura 10. Mapa de la distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala.46	
<i>Figura 11.</i> Mapa de amenazas de la Guacamaya roja con relación a su distribución potencial en Guatemala.	48
<i>Figura 12.</i> Mapa de amenazas del Loro nuca amarilla con relación a su distribución potencial en Guatemala.	50
Figura 13. Mapa de los sitios con vacíos de registros en la distribución de la Guacamaya roja desde el año 2014.....	52
Figura 14. Mapa de los sitios con vacíos de registros en la distribución del Loro nuca amarilla desde el año 2014	53
<i>Figura 15.</i> Mapa de la distribución potencial de Guacamaya roja en Guatemala, con relación al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP.....	55
Figura 16. Mapa de la distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala, con relación al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Ara macao cyanoptera</i>	13
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de <i>Amazona auropalliata</i>	19
Cuadro 3. Amenazas de las especies de estudio y su categoría.....	36
Cuadro 4. Porcentaje de contribución e importancia de permutación de las variables empleadas en el modelado de distribución potencial de la Guacamaya roja en Guatemala	40
Cuadro 5. Porcentaje de contribución e importancia de permutación de las variables empleadas en el modelado de distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala	44
Cuadro 6. Cantidad de hectáreas de cada una de las categorías de amenazas dentro de la distribución de la Guacamaya roja.....	47
Cuadro 7. Cantidad de hectáreas de cada una de las categorías de amenazas dentro de la distribución del Loro nuca amarilla.	49
Cuadro 8. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial de Guacamaya roja en Guatemala, en relación con SIGAP.....	56
Cuadro 9. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala, en relación con SIGAP.....	58

1. RESUMEN

Los psitácidos son uno de los grupos más amenazados en el mundo, debido a la degradación, pérdida de hábitat y tráfico ilegal. Mundialmente al menos 70 especies de Psittaciformes se encuentran en peligro de extinción. En Guatemala, dos de las especies más amenazadas, con poblaciones no mayores a los 500 individuos en vida silvestre, son la Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*) y el Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*). Esta subespecie de guacamaya se distribuye únicamente del sur de México hasta el norte de Nicaragua, y se declaró extinta en El Salvador. Las poblaciones restantes son pequeñas y aisladas. Se tiene evidencia que México, Belice y Guatemala comparten la misma población en la Reserva de Biósfera Maya. El Loro nuca amarilla también ha experimentado una gran reducción de individuos desde los años 80, principalmente por el tráfico ilegal. Que implica la destrucción de nidos, pues los traficantes tienden a derrumbar los árboles para extraer los pichones. Esta especie se distribuye a lo largo de la costa sur, donde predominan los cultivos de caña de azúcar. Debido a sus categorías nacional e internacional, como especies amenazadas y su valor ecosistémico, es importante delimitar las zonas actuales con mayor probabilidad de ocurrencia. Para esto, se realizó un modelado de nicho ecológico mediante el programa Maxent, empleando distintas variables biofísicas que influyen en la distribución de las especies. Se determinó que el 89.84% de su distribución se encuentra dentro del SIGAP y los bordes son los que presentan mayor amenaza, mientras que el Loro nuca amarilla se encuentra únicamente en un 6.13% dentro del SIGAP, y su amenaza es mayor en la boca costa. Así mismo, se logró identificar al Parque Nacional Laguna del Tigre y Corredor Biológico Río Azul-Laguna del Tigre como los sitios de mayor probabilidad de ocurrencia para la Guacamaya Roja, y las faldas de la Cordillera Volcánica Occidental, principalmente la RUMCLA y algunas reservas privadas, para el Loro nuca amarilla. Ambas especies se encuentran altamente amenazadas, por lo que los esfuerzos de conservación de las instituciones involucradas, como WCS y COLORES, son claves en la conservación de estas especies emblemáticas.

2. INTRODUCCIÓN

La pérdida de la biodiversidad es un problema a nivel mundial. Se estima que de 1970 al 2014 las poblaciones de especies nativas en Centro y Suramérica han disminuido en un 89%. Siendo las principales causas la pérdida y degradación del hábitat, sobreexplotación, contaminación, especies invasoras y enfermedades, y cambio climático (EPIQ, 2002; WWF, 2018). En Guatemala la pérdida de biodiversidad se debe a los mismos factores. Alrededor de 2,343 especies se encuentran actualmente en peligro de extinción. Sin contar con las especies en las que se carece de información (CONAP, 2018).

Las aves es uno de los grupos más amenazados en Guatemala. Se estima que 194 especies se encuentran en peligro de extinción (CONAP, 2018). Los psitácidos son un grupo de aves vulnerables debido a sus colores vistosos y llamativos que favorece su tráfico ilegal. Al menos 70 especies del orden Psitaciformes se encuentran en peligro de extinción mundialmente (Berkunsky *et al.* 2017; Marín-Togo *et al.* 2012). En Guatemala se decomisan¹ alrededor de 500 especímenes al año, extraídos ilegalmente de su hábitat natural. Muchos de estos corresponden a loros, pericas y guacamayas (CONAP, 2018).

Una de las especies bandera de Guatemala y Centroamérica es la Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*) (EPIQ, 2002). Esta subespecie se distribuye desde el sur de México hasta norte de Nicaragua. Varias poblaciones se han extinto localmente y se reporta extinta en El Salvador, ya que no se ha tenido reportes desde los años 60' (BirdLife International, 2016; Portillo-Reyes, 2015; Schmidt, 2013). En Guatemala se distribuye principalmente en la Reserva de la Biósfera Maya -RBM (García *et al.* 2008). La cual corresponde al área protegida más grande de todo el país, con un 19% de la superficie (CONAP & WCS, 2018).

Las poblaciones restantes de esta subespecie son pequeñas y se encuentran aisladas por la fragmentación y pérdida del hábitat (Britt, García Anleu, y Desmond,

¹ Decomiso: incautación de objetos ilegales, ilegalmente empleados o ilegalmente cobrados (<https://dej.rae.es/>)

2014; García *et al.* 2008). Es por esto que se encuentra enlistada en la categoría 2 de la Lista de Especies Amenazadas -LEA de Guatemala (CONAP, 2009) y Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre -CITES (CITES, 2017). Recientemente fue incluida dentro del *Endangered Species Act* -ESA como especie en peligro de extinción de *U.S. Fish & Wildlife Service* (U.S. Fish & Wildlife Service, 2019).

El Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) es una especie de loro con un declive poblacional alto. Se distribuye de México a Costa Rica (Berkunsky *et al.* 2017; Fagan y Komar, 2016; Rodríguez Castillo, 2004). En Guatemala se encuentra en la costa pacífica y algunas zonas centrales (Canjura Hernández, 2010; Lousada & Howell, 1996). Se registran extinciones de poblaciones locales a lo largo de todo su rango de distribución (CITES, 2002a).

Esta ha sido una especie muy cotizada en el mercado de mascotas debido a su facilidad de imitar palabras. Por lo cual se ha registrado una disminución en las poblaciones a partir de los años 80'. Se estima que para el 2002 la población pudo haberse reducido en un 50% (BirdLife International, 2012; CITES, 2002b; COLORES, n.d.). Se enlista en CITES dentro del Apéndice I (CITES, 2017), En Peligro (EN, por sus siglas en inglés) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN (BirdLife International, 2012), y en la categoría 2 de la LEA de Guatemala (CONAP, 2009).

Debido al carácter nacional e internacional de especies amenazadas y la importancia ecológica de la Guacamaya roja y Loro nuca amarilla, es importante determinar las zonas actuales con mayor probabilidad de ocurrencia. Ya que no se conoce el estado actual de distribución. Esta investigación tuvo como objetivo principal modelar el nicho ecológico actual de ambas especies en Guatemala. Con el fin de determinar zonas con mayor probabilidad de ocurrencia, zonas prioritarias para su conservación, sitios con probabilidad de ocurrencia y sin registros, y la proporción del rango de distribución potencial dentro del SIGAP.

Esto se logró mediante el modelado de la distribución potencial con ayuda del programa MaxEnt (Phillips, Anderson, Dudík, & Schapire, n.d.). El cual utiliza un

algoritmo de máxima entropía (Baldwin, 2009; Phillips y Dudík, 2008). Se utilizaron registros de avistamientos y nidos activos del año 2014-2019, variables ambientales y biofísicas que influyen en la distribución de las especies. Las zonas de distribución potencial de la Guacamaya roja correspondieron principalmente a la Reserva de la Biósfera Maya en el Parque Nacional Laguna del Tigre, mientras que las zonas de distribución potencial para el Loro nuca amarilla se registraron en la parte sur del país.

3. ANTECEDENTES

3.1. Psitácidos

Los primeros registros del orden datan de depósitos del Eoceno Medio, aproximadamente 30 millones de años atrás. Muchas de sus especies actualmente se encuentran en peligro de extinción. Esto se debe principalmente a la caza ilegal para mascotas y destrucción de hábitat (Cracraft, 2001; de Kloet & de Kloet, 2005; Marín-Togo *et al.* 2012). Se estiman que al menos 70-90 especies del orden se encuentran mundialmente en peligro de extinción (Berkunsky *et al.* 2017; SEMARNAT, 2009).

El orden Psittaciformes se caracteriza por un pico bien desarrollado que les permite la alimentación de semillas con corteza dura y nueces, esto las hace buenas depredadoras de semillas de frutos grandes, algunos estudios también demuestran que algunos loros funcionan como dispersores de semillas (Moreno Velázquez, 2010; Tella *et al.* 2016). Presentan cera carnosa y patas zigodáctilas (dos dedos delante y dos dedos detrás) (Juniper & Parr, 2010; Mayr, 2009). El orden comprende 3 superfamilias, 6 familias, 12 subfamilias y 13 tribus (Joseph, Toon, Schirtzinger, Wright, & Schodde, 2012).

Las especies propuestas para este estudio se encuentran dentro de la familia Psittacidae. La mayoría de las especies de este grupo presentan plumajes con colores vivos, en tonalidades verdes, rojas y azules. Se pueden dividir en tres categorías: guacamayas (de gran tamaño, cola larga y delgada), pericas (pequeñas, cola puntiaguda o en forma de cuña, alas puntiagudas), y loros (cuerpo ancho, cola corta cuadrada) (Fagan & Komar, 2016; Peterson & Chalif, 1999). Este grupo se alimenta de frutos, nueces y semillas (Fagan & Komar, 2016), lo que los hace importantes depredadores de semillas.

3.1.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

3.1.1.1. Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de Ara macao cyanoptera

GRUPO	NOMBRE
Dominio	Eukarya
Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrada
Clase	Aves
Orden	Psittaciformes
Superfamilia	Psittacoidea
Familia	Psittacidae
Subfamilia	Arinae
Tribu	Arini
Género	<i>Ara</i>
Especie	<i>Ara macao</i>
Subespecie	<i>Ara macao cyanoptera</i>
Nombre común	Guacamaya roja, Guacamaya esarlata, Guara.

Fuente: (BirdLife International, 2016; ITIS, 2019b; Joseph *et al.* 2012; Schodde, Rensen, Schirtzinger, Joseph, & Wright, 2013).

3.1.1.2. Descripción de la especie

El género *Ara* se caracteriza por una cola larga y cabeza grande en relación al tamaño del cuerpo (Juniper & Parr, 2010). La subespecie presenta un plumaje rojo esarlata, plumas amarillas y azules en las alas, plumas de la cola azules y rojas. La parte superior del pico es color hueso y la inferior negra. El iris es amarillo y las patas oscuras (Fagan & Komar, 2016; SEMARNAT, 2009; Wiedenfeld, 1994).

La Guacamaya roja no es un residente permanente en Guatemala. Se encuentra durante la época reproductiva debido a la disponibilidad de alimento y nidos. Se

pueden observar los individuos desde diciembre. Estos forman parejas para cuidar a sus crías. El cuidado parental es de ambos padres. Ponen de 2-4 huevos por nido (Boyd, Styles, & Brightsmith, 2008). Las guacamayas ponen los huevos de enero a abril y los pichones salen del nido de mayo a julio. Los padres y los pichones migran hacia México durante septiembre (Boyd *et al.* 2008; Britt *et al.* 2014; García-Anleu & Guerra Corado, 2019).

Uno de los árboles más comunes que utilizan las guacamayas para sus nidos en Guatemala es el Cantemó (*Acacia glomerosa*) (Britt *et al.* 2014; Radachowsky, 2002). Estas buscan cavidades secundarias, principalmente en árboles emergentes, en bosques bajos o medianos (Boyd *et al.* 2008; Radachowsky, 2002).

En Guatemala la especie se encuentra principalmente en áreas ribereñas y en tierras bajas (Radachowsky, 2002). Estudios de Mendoza-Cruz *et al.* (2017) en Chiapas, México; evidenciaron que su dieta se basa en un 80% en frutos y semillas, y el 20% en capullos de flores y tallos de hojas nuevas. Estudios realizados por GSF en Guatemala y WCS en la Selva Maya evidenciaron que las guacamayas se alimentan de: Ramón (*Brosimum alicastrum*), Jobo (*Spondias mombin*), Chacaj (*Bursera simaruba*), Yaxnic (*Vitex gaumeri*), Zapotillo canisté (*Pouteria campechiana*), Amate (*Ficus spp* y otras especies del género), Jobillo (*Astronium graveolens*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), Tzol (*Blomia prisca*), Cantemó (*Acacia glomerosa*) y Laurel agucatillo (*Nectandra membranaceae*), entre otros (GSF, 2001; WCS, n.d.). Debido a la diversidad de su dieta se les puede considerar como importantes dispersoras en los bosques donde habitan.



Figura 1. Izquierda: *Ara macao cyanoptera* alimentándose de frutos de la familia Zapotaceae en Selva Lacandona, México. Derecha: hábitat de la Guacamaya Roja en el Parque Nacional Laguna del Tigre, Guatemala. Fuente: Rocío Silva.

3.1.1.3. Distribución

La distribución del género *Ara* está determinada por la disponibilidad de recurso alimenticio y sitios de anidación (Mendoza-Cruz, Sánchez-Gutiérrez, & Valdez-Hernández, 2017). Las poblaciones extantes de *A. m. cyanoptera* se encuentran en el sur de México, Guatemala, Belice, sur de Honduras y norte de Nicaragua; se reporta extinta en El Salvador (Figura 2) (Birdlife International, 2012). En altitudes de hasta 1100 msnm (Fagan & Komar, 2016; Schmidt, 2013).

Es probable que exista o haya existido flujo génico entre las poblaciones de Guatemala, México y Belice, ya que parecen ser genéticamente homogéneas. Por lo que podría tratarse de la misma población (García *et al.* 2008). En el 2000, mediante radio transmisores, se logró monitorear el movimiento de una guacamaya con desplazamientos de hasta 100 km, entre el PNLT y la región de confluencia de los ríos Lacantún, Salinas y La Pasión, frontera entre Guatemala y México (GSF, 2001). Así mismo, estudios recientes han evidenciado su uso del hábitat, en la época no reproductiva, desde los sitios de anidación en Guatemala hacia la Reserva de Montes Azules en México (García-Anleu & Guerra Corado, 2019).

En Guatemala la especie se distribuye principalmente en la Reserva de la Biósfera Maya (García-Anleu & Guerra Corado, 2019; García *et al.* 2008). El borde este del PNLT provee importantes sitios de anidación y refugio para la especie (Anexo 1). Esta zona es la que presenta la mayor densidad de nidos en el país (García *et al.* 2008).



Figura 2. Distribución de la Guacamaya roja. Fuente: BirdLife International and Handbook of the Birds of the Worlds, 2014; Rob Martín (BirdLife International), TNC-Wings (1999), NatureServe (2002), 2007.

3.1.1.4. Estado de conservación

La Guacamaya roja (*A. m. cyanoptera*) se encuentra enlistada en la categoría 2² de la Lista de Especies Amenazadas -LEA de Guatemala (CONAP, 2009), Apéndice I³ de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre -CITES (CITES, 2017), y recientemente fue incluida dentro

² Categoría 2 de fauna: “Especies en grave peligro”: especies que se encuentran en peligro de extinción por pérdida de hábitat, comercio, o con poblaciones muy pequeñas, y especies con endemismo nacional o regional con distribución limitada (CONAP, 2009).

³ Apéndice I: especies en peligro de extinción. Su comercio está prohibido, se autoriza únicamente bajo circunstancias excepcionales (fines no comerciales).

del *Endangered Species Act* -ESA como especie en peligro de extinción⁴ de U.S. Fish & Wildlife Service (U.S. Fish & Wildlife Service, 2019). Según la UICN las poblaciones se encuentran en declive. Sin embargo, está catalogada como LC⁵ ya que se considera como especie *Ara macao*, y su distribución es amplia (BirdLife International, 2016).

La última población de Guacamaya roja en Guatemala se encuentra en Petén y se estiman 300 individuos restantes (Britt *et al.* 2014). Dentro de las principales causas del declive poblacional de esta especie se encuentra la pérdida de hábitat debido a invasiones ilegales e incendios forestales; caza ilegal, depredadores naturales en polluelos, y competencia por cavidades de nidos con otras especies (loros, halcones, abejas africanizadas, etc.) (Britt *et al.* 2014; García *et al.* 2008; U.S. Fish & Wildlife Service, 2019). Esta es una especie considerada como bandera para los esfuerzos de conservación en el país (EPIQ, 2002).

3.1.1.5. Estudios en Guatemala

En el 2000 se conforma el grupo Guacamayas Sin Fronteras -GSF, por organizaciones no gubernamentales (Asociación de Rescate y Conservación de Vida Silvestre -ARCAS, ProPetén/Conservación Internacional, Fundación Defensores de la Naturaleza -FDN, Aviarios Mariana y Wildlife Conservation Society -WCS), y entidades del gobierno (Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP); con el fin de proteger las últimas poblaciones silvestres de Guacamaya roja en Guatemala. El objetivo de la alianza se centró en monitorear y proteger los nidos de guacamayas existentes en el Parque Nacional Laguna del Tigre -PNLT, instalación de nidos artificiales, criar pichones débiles en laboratorio para luego reintroducirlos a la vida silvestre, iniciar la reproducción en ARCAS, colocar radiotransmisores, protocolos de manejo de nidos y un programa de educación ambiental. Los estudios presentados en el primer boletín se centraron en recomendaciones para el uso de

⁴ ESA: especies en peligro de extinción o amenazadas. Se prohíbe actividades de importación, exportación, captura, comercio (internacional e interestatal) (U.S. Fish & Wildlife Service, 2019).

⁵ Least Concern (LC): preocupación menor: a un taxón se le considera en esta categoría, cuando sienta evaluado, no cumple con ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen taxones abundantes y de amplia distribución.

radio transmisores, identificación de nidos y árboles de alimentación, protocolos de manejo de nidos y pichones, uso de hábitat y patrones migratorios (GSF, 2001).

En los últimos 20 años Wildlife Conservation Society -WCS, ha impulsado diferentes esfuerzos de conservación para la especie. Los esfuerzos se han centrado en la protección del hábitat y sitios de anidación por actividades antropogénicas y naturales, logrando proteger 5 de los sitios de anidación más importantes en Guatemala en conjunto con autoridades gubernamentales y comunidades. También se han llevado estudios sobre monitoreo del éxito y crecimiento de pichones de guacamayas. Se ha apoyado en educación ambiental con las comunidades locales (Berkunsky *et al.* 2017; Britt *et al.* 2014; García-Anleu & Guerra Corado, 2019; García *et al.* 2008).

Actualmente se está generando información sobre la supervivencia durante el primer año de vida y migraciones dentro de la Selva Maya (Berkunsky *et al.* 2017; Britt *et al.* 2014; García-Anleu & Guerra Corado, 2019; García *et al.* 2008). También se ha consolidado la “Alianza para la Conservación de la Guacamaya Roja en la Selva Maya”. Esta es una alianza trinacional entre Natura y Ecosistemas Mexicanos A.C., WCS Guatemala y Friends for Conservation and Development -FCD (Belice), con apoyo de GIZ Selva Maya (Alianza para la Conservación de la Guacamaya Roja en la Selva Maya, n.d.).

Desde el 2004 ARCAS ha impulsado un programa de reproducción en cautiverio en Petén. En el 2015, en conjunto con Defensores de la Naturaleza y CONAP, se realizó la primera liberación de Guacamaya roja en el Parque Nacional Sierra de Lacandón. Se liberaron 9 individuos en total (ARCAS, 2015). En el 2019 se realizó una segunda liberación de guacamayas en el área.

3.1.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

3.1.2.1. Clasificación taxonómica

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Amazona auropalliata*

GRUPO	NOMBRE
Dominio	Eukarya
Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Aves
Orden	Psittaciformes
Superfamilia	Psittacoidea
Familia	Psittacidae
Subfamilia	Arinae
Tribu	Androglossini
Género	<i>Amazona</i>
Especie	<i>Amazona auropalliata</i>
Subespecies	<i>A. a. auropalliata</i> (costa pacífica), <i>A. a. caribea</i> (vertiente Caribe) y <i>A. a. parvipes</i> (Islas de la Bahía de Honduras).
Sinónimos	<i>Amazona ochrocephala auropalliata</i> <i>Amazona auropalliata</i>
Nombre común	Loro nuca amarilla, Loro nuquiamarillo, Loro.

Fuente: (BirdLife International, 2012; CITES, 2002a; Fagan & Komar, 2016; ITIS, 2019a; Joseph *et al.* 2012; Schodde *et al.* 2013).

3.1.2.2. Descripción de la especie

Las especies del género *Amazona* se caracterizan por plumaje generalmente verde, cola corta, cere y anillo ocular prominente (Forshaw, 2006). *A. auropalliata* presenta un plumaje verde en general, plumas amarillas en nuca y en ocasiones debajo del pico (Fagan & Komar, 2016). La cola es cuadrada, con el borde verde amarillento. Las alas tienen puntas azules. El speculum es rojo por debajo de las alas. El pico es gris. Iris anaranjado claro, anillo ocular desnudo. Los juveniles carecen de la coloración amarilla en la nuca (Canjura Hernández, 2010).

El Loro nuca amarilla suele volar en parejas o grupos, percha regularmente en árboles sobre el dosel. Puede cumplir roles de polinizador, depredador de semillas y dispersor de semillas. Ya que suele alimentarse de flores frescas en el verano. Se alimenta de frutos como el mango, marañón, semillas de leguminosas, entre otros (Canjura Hernández, 2010; Lezama-López, 2008). Algunos de los árboles reportados como alimento en Guatemala son el Castaño (*Sterculia apetala*), Marañón (*Anacardium occidentale*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Piñón (*Jatropha curcas*), palmera (*Sabal mexicana*), Palo de jote (*Bursera simaruba*), Madre cacao (*Gliricidia sepium*), Amate (*Ficus glabrata*), Mango (*Mangifera indica*), Guayaba (*Psidium guajava*), Jocote (*Spondias sp.*), entre otros (Acedo, 1991).

Es una especie longeva. Utiliza cavidades naturales en árboles maduros o de tamaño medio, en donde ponen de 2-4 huevos durante época seca. El macho defiende el territorio. Cuando nacen los polluelos ambos padres los alimentan hasta que salen del nido (Canjura Hernández, 2010; Rodríguez Castillo, 2004).



Figura 3. Dormidero de Loro nuca amarilla en alrededores del yacimiento arqueológico Takalik Abaj, Retalhuleu, Guatemala. Fuente: Rocío Silva.

3.1.2.3. Distribución

A. auropalliata se distribuyen de México a Costa Rica, en hábitats costeros perturbados de tierras bajas, bosques semidecíduos, bosques secos espinosos, manglares, pastizales y zonas agrícolas (Berkunsky *et al.* 2017; Fagan & Komar, 2016; Rodríguez Castillo, 2004). En Guatemala el Loro nuca amarilla se distribuye en la región sur (Anexo 2) (Canjura Hernández, 2010; Lousada & Howell, 1996).

Estudios de Marín-Togo *et al.* (2012), en México, registraron a la especie en bosques de manglar y bosques deciduos en la costa pacífica. Se registró principalmente en campos de agricultura y áreas perturbadas. La especie se registra en altitudes de hasta 750 msnm (Fagan & Komar, 2016; Marín-Togo *et al.* 2012).



Figura 4. Distribución del Loro nuca amarilla. Fuente: BirdLife International and Handbook of the Birds of the World, 2014.

3.1.2.4. Estado de conservación

El Loro nuca amarilla se enlista en CITES dentro del Apéndice I (CITES, 2017), En Peligro (EN, por sus siglas en inglés)⁶ en la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN (BirdLife International, 2012), y en la categoría 2 de la LEA de Guatemala (CONAP, 2009). En Guatemala el Loro nuca amarilla se distribuye en la región sur (Canjura Hernández, 2010; Lousada & Howell, 1996).

Presenta un declive poblacional junto con reducción del hábitat y extinciones locales en todos los países de distribución. La especie se consideraba como común. En los años 80's se comenzó a registrar un descenso poblacional (BirdLife International, 2012; CITES, 2002b, 2002a). Esta especie fue considerada en el Apéndice I de CITES en el 2002 debido a la caza excesiva de pichones para tráfico internacional, reducción de hábitat y reducción de nidos para la especie. A pesar de que no se

⁶ Endangered (EN): En peligro: es un taxón que enfrenta riesgo de extinción muy alto en vida silvestre debido a que cumple con cualquiera de los criterios de: reducción del tamaño poblacional, distribución geográfica reducida, tamaño de la población estimada menor a 2,500 individuos maduros, o su probabilidad de extinción es de al menos 20% dentro de los próximos 20 años o 5 generaciones (UICN, 2008).

conoce el tamaño poblacional, se cree que pudo haber reducido en un 50% su población para el 2002 (CITES, 2002a). Se estima una población de 250 individuos en Guatemala (COLORES, n.d.). En Guatemala se estimó un porcentaje mayor al 70% en saqueo de nidos (CITES, 2002b). Las principales causas de declive poblacional en Guatemala son el saqueo y tráfico ilegal, y la pérdida de hábitat. En el 2018 aún se registró evidencia de saqueo de nidos (Galindo Vásquez, Mucio, & Joyner, 2018).

3.1.2.5. Estudios en Guatemala

Desde los 80' la Dr. LoraKim Joyner, codirectora de One Earth Conservation, ha trabajado monitoreando las poblaciones de Loro nuca amarilla. Inició con el monitoreo la finca Las Ilusiones, Santa Rosa. En donde para el 2013 la población se había reducido en un 98% (COLORES, n.d.; Joyner, 2019, com.pers.). En el año 2010 se crea el proyecto COLORES (Corredor de Loros, Reservas y Santuarios), con el fin de proteger al Loro nuca amarilla en la costa pacífica de Guatemala. El proyecto es coordinado por ARCAS y One Earth Conservation. Para el 2018 se habían establecido seis puntos importantes (Fincas y Reserva Privada Los Terrales, María del Mar, El patrocinio; Sitio Arqueológico Takalik Aba'j; y Fincas privadas Las Margaritas y La Gracia) (Galindo Vásquez *et al.* 2018).

El proyecto ha llevado a cabo actividades de monitoreo, nidos artificiales, publicidad, educación y concientización. Estas últimas se realizaron con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas -CONAP (Galindo Vásquez, 2017; Galindo Vásquez *et al.* 2018). Los proyectos también engloban la creación de un Centro de Rehabilitación y Liberación, así como un proyecto de reproducción desde el 2017 en ARCAS. Este ha logrado la puesta de un huevo sin eclosión. Hasta el momento se conocen 11 sitios potencialmente activos en los sitios estudiados (Galindo Vásquez *et al.* 2018).

3.2. Modelado de nicho ecológico

El modelado de nicho ecológico (MNE), es una herramienta para hacer estimaciones de la distribución potencial de una especie o la distribución de la diversidad de un grupo taxonómico en una región (Guisan & Thuiller, 2005; Ortega-

Huerta & Peterson, 2008; Peña, Bonet, Pastor Llorca, Terrones, & Constán-Nava, 2008; Soberón & Nakamura, 2009). Esta herramienta relaciona las áreas de distribución con el nicho que ocupa una especie, identifica sitios adecuados para la sobrevivencia de una especie mediante la identificación de sus requerimientos ambientales (Soberón & Nakamura, 2009). Identifica relaciones entre factores ambientales y de presencia o ausencia de especies, en una región geográfica (Peña *et al.* 2008).

Existen varios estudios sobre la modelación de la distribución potencial de las especies enfocados en conservación (Annorbah, 2016; Fourcade, Engler, Rödder, & Secondi, 2014; Marín-Togo *et al.* 2012; Monterrubio-Rico *et al.* 2016; Portillo-Reyes, 2015; Portillo Reyes, Elvir, Manzanares, & Martínez, 2018). En el 2015, Botello *et al.*, evaluaron la disponibilidad de hábitats adecuados para mamíferos mediante el uso de MaxEnt y Sistemas de Información Geográfica -SIG. Estudios de Monterrubio-Rico *et al.*, (2016) en México, evidenciaron la pérdida de hábitat adecuado de psitácidos mediante modelos de distribución histórica y actual. Sánchez-Méndez *et al.* (2016), modelaron el nicho ecológico de cocodrilos con el fin de contribuir en la elaboración de propuestas para su conservación y manejo.

3.2.1. MaxEnt

MaxEnt es un programa que se basa en una aproximación estadística de máxima entropía que permite hacer predicciones utilizando información incompleta. Utiliza datos de presencia y puede trabajar con muestras relativamente pequeñas (Elith *et al.* 2011; Phillips & Dudík, 2008). El programa arroja modelos del nicho ecológico de los taxones. Se representa mediante los hábitats idóneos para la especie (Phillips & Dudík, 2008). Los modelos de distribución de especies pueden emplear como base teórica el nicho ecológico (Illodli-Rangel & Escalante, 2008).

El programa relaciona los datos de presencia de la especie con variables biofísicas y/o ambientales. Las variables pueden ser del tipo categórico o continuas. Las variables continuas corresponden a valores reales arbitrarios de variables medibles como la altitud, precipitación, temperatura, etc. Las variables categóricas toman valores discretos de las variables o corresponden a variables que cuantifican el

grado de alguna propiedad en una escala discreta, como fertilidad de suelos, tipo de suelo, tipo de vegetación, etc. (Phillips & Dudík, 2008).

3.3. Conservación en Guatemala

La pérdida de la biodiversidad a nivel mundial es uno de los temas más alarmantes actualmente. En Guatemala, y el mundo, las principales causas son la pérdida, degradación y fragmentación de hábitats; sobreexplotación de los recursos bióticos y abióticos; contaminación y degradación ambiental; e introducción de especies invasoras (EPIQ, 2002).

En Guatemala la cobertura de bosque natural es menor al 30%. Esto genera una pérdida de hábitat para un sinnúmero de especies. Las causas principales de esto se deben a actividades antropogénicas: agricultura, ganadería, crecimiento urbano e infraestructura (GCI, 2018a). Para el 2001 todas las ecorregiones terrestres del país se encontraban en estado crítico/amenazada o vulnerable (EPIQ, 2002).

El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP, se encarga de la conservación de los bosques. Para el 2017 se contaba con 3,468,588.11 ha, equivalentes a un 31.88% de territorio nacional. Estas representan el 51.9% de los bosques del país. Sin embargo, el SIGAP presenta mayores amenazas de deforestación con una tasa anual de 1.5%, en contraste con áreas fuera del sistema en donde la tasa es de 0.4% (GCI, 2018a). Por lo cual es primordial fortalecer este sistema (CONAP, 2018).

Además del SIGAP, Guatemala cuenta con otras herramientas para la protección de la biodiversidad. Como lo es la Política Nacional de Diversidad Biológica (Acuerdo Gubernativo 220-2011). Esta busca la protección de la biodiversidad mediante cinco ejes: conocimiento y valoración, conservación y restauración, utilización sostenible, diversidad biológica en la adaptación al cambio climático, e instrumentalización de la política (CONAP, 2011).

La biodiversidad del país está conformada por al menos 6,159 especies de fauna y 10,317 de flora nativa. De estas, alrededor de 2,343 están peligro de extinción. Las aves son uno de los grupos que además de los factores como pérdida y

fragmentación de hábitat presentan la amenaza de tráfico ilegal. En Guatemala se decomisan aproximadamente 500 animales silvestres entre loros, pericas, guacamayas y reptiles, al año (CONAP, 2018).

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, varias poblaciones de especies se encuentran en declive debido al crecimiento poblacional humano desmedido que conlleva la sobreexplotación de los recursos naturales (Brooks *et al.* 2002; Santos & Tellería, 2006; Zurita & Belloq, 2007). Muchas de las especies pertenecientes a la familia Psittacidae se encuentran en peligro de extinción por degradación, pérdida de hábitat y tráfico ilegal (Marín-Togo *et al.* 2012). Según Berkunsky *et al.* (2017) se estiman que al menos 70 especies del orden Psittaciformes se encuentran mundialmente en peligro de extinción por las mismas razones. Así mismo, este grupo se caracteriza por su alimentación de frutos, nueces y semillas, lo que los hace importantes depredadores de semillas (Canjura Hernández, 2010; Fagan & Komar, 2016; GSF, 2001; Lezama-López, 2008).

La Guacamaya roja (Psittacidae: *Ara macao*) se distribuye desde el sur de México hasta Brasil (BirdLife International, 2016; Fagan & Komar, 2016). Se puede considerar como dos subespecies, *Ara macao macao* (distribuida en el sur) y *Ara macao cyanooptera* (distribuida en el norte) (Schmidt, 2013; Wiedenfeld, 1994). *Ara macao cyanooptera* se distribuye en el sur de México, Guatemala, Belice, sur de Honduras y Norte de Nicaragua; se reporta extinta en El Salvador (BirdLife International, 2016; Portillo-Reyes, 2015). Las poblaciones restantes de esta subespecie son pequeñas y se encuentran aisladas por la fragmentación y pérdida del hábitat (Britt *et al.* 2014; García *et al.* 2008). Es por esto que se encuentra enlistada en la categoría 2 de la Lista de Especies Amenazadas -LEA de Guatemala (CONAP, 2009), Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre -CITES (CITES, 2017), y recientemente fue incluida dentro del *Endangered Species Act* -ESA como especie en peligro de extinción de *U.S. Fish & Wildlife Service* (U.S. Fish & Wildlife Service, 2019).

En Guatemala, la especie se distribuye principalmente en la Reserva de la Biósfera Maya -RBM, Petén (García *et al.* 2008). Esta corresponde al área protegida más

grande de todo el país (19% de la superficie) (CONAP & WCS, 2018). Sin embargo, se ve sujeta a muchas amenazas. Se estima una pérdida anual promedio de 1,500 ha (periodo 2000-2017), siendo la región Este la zona ecológicamente más estable (CONAP & WCS, 2018; García *et al.* 2008). El borde oeste de esta área mejor conservada provee importantes sitios de anidación y refugio para la especie, ya que son los que presentan mayor densidad de nidos (García *et al.* 2008). Estudios recientes han evidenciado su uso del hábitat en la época no reproductiva, desde los sitios de anidación hacia la Reserva de Montes Azules en México (García-Anleu & Guerra Corado, 2019).

El Loro nuca amarilla (Psittacidae: *Amazona auropalliata*), se distribuyen de México a Costa Rica, en hábitats costeros perturbados de tierras bajas, bosques semidecíduos, bosques secos espinosos, manglares, pastizales y zonas agrícolas (Berkunsky *et al.* 2017; Fagan & Komar, 2016; Rodríguez Castillo, 2004). Esta es una especie también amenazada, que presenta un declive poblacional junto con reducción del hábitat y extinciones locales (BirdLife International, 2012; CITES, 2002b). Se enlista en CITES dentro del Apéndice I (CITES, 2017), En Peligro (EN, por sus siglas en inglés) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN (BirdLife International, 2012), y en la categoría 2 de la LEA de Guatemala (CONAP, 2009). En Guatemala el Loro nuca amarilla se distribuye en la región sur (Canjura Hernández, 2010; Lousada & Howell, 1996).

Debido a su carácter nacional e internacional de especies amenazadas y su valor ecosistémico, era importante determinar las zonas actuales con mayor probabilidad de ocurrencia. Los modelos de distribución de especies se han utilizado en diversos estudios para conocer los hábitats actuales de diferentes organismos (Sánchez-Méndez, Cedeño-Vásquez, Weissenberger, & González-Solis, 2016; Sierra-Morales, Almazán-Núñez, Beltrán-Sánchez, Ríos-Muñoz, & Del Coro Arizmendi, 2016). Estos son herramientas que relacionan avistamientos con variables ambientales predictoras (Guisan & Thuiller, 2005). Evidenciando hábitats potenciales adecuados para la presencia de una especie o grupo de especies en

particular (Cruz-Cárdenas, Villaseñor, López-Mata, Martínez-Meyer, & Ortiz, 2014; Mateo, Felicísimo, & Muñoz, 2011).

Existen varios estudios sobre la modelación de la distribución potencial de las especies enfocados en conservación (Annorbah, 2016; Fourcade *et al.* 2014; Marín-Togo *et al.* 2012; Monterrubio-Rico *et al.* 2016; Portillo-Reyes, 2015; Portillo Reyes *et al.* 2018). En el 2015, Botello *et al.* evaluaron la disponibilidad de hábitats adecuados para mamíferos mediante el uso de MaxEnt y Sistemas de Información Geográfica -SIG. Estudios de Monterrubio-Rico *et al.* (2016) en México, evidenciaron la pérdida de hábitat adecuado de psitácidos mediante modelados de distribución histórica y actual. Sánchez-Méndez *et al.* (2016), modelaron el nicho ecológico de cocodrilos con el fin de contribuir en la elaboración de propuestas para su consevación y manejo.

Existen diversos esfuerzos de conservación para ambas especies. Sin embargo, no se tienen mapas actualizados de la distribución potencial actual. En este estudio se modeló el nicho ecológico actual de ambas especies de psitácidos, con el fin de identificar los sitios con mayor probabilidad de ocurrencia para definir zonas prioritarias de conservación. También, se determinaron zonas potenciales donde existan vacíos de información para enfocar esfuerzos de muestreo, y la proporción del área de distribución dentro del SIGAP. Los estudios de modelado de nicho ecológico ayudan a establecer estrategias de conservación de las especies (Portillo Reyes *et al.* 2018; Sánchez-Méndez *et al.* 2016).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Modelar el nicho ecológico actual de dos especies de psitácidos, Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*) y Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) en Guatemala.

5.2. Objetivos Específicos

Determinar los sitios con mayor probabilidad de ocurrencia para ambas especies, con el fin de definir zonas prioritarias de conservación.

Determinar con base en las probabilidades de ocurrencia zonas potenciales donde existan vacíos de información de la distribución de la Guacamaya roja y Loro Nuca amarilla para enfocar esfuerzos de muestreo para determinación de presencia de las especies.

Determinar el porcentaje de la distribución potencial de ambas especies de psitácidos dentro del SIGAP.

6. HIPOTESIS

Más del 80% de la zona de distribución potencial de la Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*) se encuentra protegida dentro de la Reserva de la Biósfera Maya.

Menos del 80% de la zona de distribución potencial del Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) se encuentran protegida dentro del SIGAP.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Universo del estudio

7.1.1. Población

Guacamayas Rojas y Loros Nuca Amarilla en Guatemala.

7.1.2. Muestra

Registros obtenidos durante los muestreos en campo, registros de bases de datos en línea (eBird y GBIF), datos de avistamiento o nidos activos de WCS y COLORES. Todos los datos estarán comprendidos entre 2014-mayo 2019.

7.2. Métodos

Se utilizaron datos colectados previamente de los registros de ocurrencia de ambas especies. Las fuentes de datos a utilizar correspondieron a datos de libre acceso en línea (e-Bird <https://ebird.org>, Global Biodiversity Facility -GBIF <https://www.gbif.org>), datos de Wildlife Conservation Society -WCS y COLORES (Corredor de Loros, Reservas y Santuarios).

7.2.1. Colecta de datos en campo

La fase de campo sirvió para alimentar la base de datos previo a la realización del modelo. Esta consistió en realizar una serie de muestreos en áreas de distribución del Loro nuca amarilla. El viaje de campo fue parte del programa de monitoreo anual en los sitios establecidos por COLORES. Los registros visuales se llevaron a cabo por las tardes.

7.2.2. Depuración de base de datos

Al tener unificadas todas las bases de datos se procedió a su depuración en base a diferentes criterios: registro de coordenadas reales, datos de los últimos 5 años (2014-2019), eliminación de datos atípicos; se eliminaron los duplicados (registros con las mismas coordenadas) y sitios de liberación de “mascotas” que no corresponden a su distribución histórica.

7.2.3. Análisis de datos

Se inició con la corrección del sesgo de muestreo mediante un muestreo sistemático (Boria, Olson, Goodman, & Anderson, 2014; Fourcade *et al.* 2014; Kramer-Schadt *et al.* 2013). Posterior se realizó un modelado de nicho ecológico mediante el programa MaxEnt 3.4.1 (Phillips, Anderson, Dudík, & Schapire, n.d.), para conocer la distribución potencial de las especies.

El programa se basa en una aproximación estadística de máxima entropía que permite hacer predicciones utilizando información incompleta, utiliza datos de presencia y pseudoausencias (Baldwin, 2009; Elith *et al.* 2011; Ortega-Huerta & Peterson, 2008; Phillips & Dudík, 2008). Estos datos los correlaciona con variables ambientales y/o biofísicas (Phillips & Dudík, 2008).

Se utilizaron las 19 variables bioclimáticas de WorldClim-Global Climate Data para ambas especies (Fick & Hijmans, 2017), y variables biofísicas que influyen en la distribución de las especies con el fin de excluir del modelo todos los píxeles con poca o nula idoneidad de hábitat (Botello, Sánchez-Cordero, & Ortega-Huerta, 2015).

Para modelar la distribución de *A. m. cyanoptera* se utilizaron las siguientes capas:

1. 19 variables ambientales de WorldClim-Global Climate Data (Fick & Hijmans, 2017).
2. Altitud (0-1100 msnm): rango altitudinal de la distribución de la especie (Fagan & Komar, 2016; Schmidt, 2013).
3. Capa nacional de cobertura forestal por tipo y subtipo de bosque para la República de Guatemala 2012 (INAB & CONAP, 2015) (bosque latifoliado): según la literatura y expertos, en Guatemala se encuentra en bosques latifoliados cercanos a cuerpos de agua (Radachowsky, 2002). Es en estos sitios en donde se alimentan y anidan (Britt *et al.* 2014; Mendoza-Cruz *et al.* 2017; Radachowsky, 2002).
4. Capa nacional de cobertura forestal de la República de Guatemala del año 2016 (INAB & CONAP, 2019).

5. Precipitación media anual de WolrdClim en un rango de 1400-3200 mm: se consideró el rango de humedad presente en la Selva Maya (México, Guatemala y Belice), ya que las guacamayas no se distribuyen en sitios muy secos (García, 2019, *com.pers.*).

Para *A. auropalliata* se utilizaron las capas de:

1. 19 variables ambientales de WorldClim-Global Climate Data (Fick & Hijmans, 2017).
2. Altitud (0-750 msnm): este corresponde al rango altitudinal de la distribución de la especie (Fagan & Komar, 2016; Marín-Togo *et al.* 2012).
3. Capa nacional de bosques y uso de la tierra de la República de Guatemala (MAGA *et al.* 2014) (bosque latifoliado, bosque mixto, bosque seco, manglar, pastizales, zonas agrícolas, árboles frutales): según la literatura la especie se encuentra en bosques de manglar, deciduos y zonas perturbadas (Fagan & Komar, 2016; Marín-Togo *et al.* 2012).
4. Capa nacional de cobertura forestal de la República de Guatemala del año 2016 (INAB & CONAP, 2019).

Se procedió a realizar el modelo con todas las variables. Para el modelado final se excluyeron las variables que con 0 de porcentaje de contribución e importancia de permutación. Se realizaron 20 réplicas con 75% de los registros de presencia para el modelo de entrenamiento y un 25% para validar el modelo, con una iteración de 1,000 por réplica. Se seleccionaron 10,000 puntos de trasfondo (Annorbah, 2016; Cruz-Cárdenas *et al.* 2014; Fourcade *et al.* 2014).

Se evaluaron los modelos resultantes con Receiver Operating Characteristic (ROC), mediante el cálculo del Área Bajo la Curva (AUC). El rango de valores de AUC fue de 0.5 para modelos no predictivos y 1 para modelos predictivos. Se tomaron valores de AUC mayores o iguales a 0.9 como buenos modelos predictivos (Giovannelli, Haddad, & Alexandrino, 2008; Marín-Togo *et al.* 2012).

7.2.3.1. Sitios con mayor probabilidad de ocurrencia

Luego de obtener el modelado de MaxEnt, se procedió a trabajar con un software de Sistemas de Información Geográfica -SIG. Se reclasificaron las zonas en base al rango de omisión y predicción de áreas que proporciona MaxEnt. El modelado se proyectó en SIG para poder definir los sitios con mayor probabilidad de ocurrencia. Estos se definirán como sitios con 75% o más de probabilidad de ocurrencia. Para la validación y precisión de los mapas resultantes, se contrastó datos del modelo de distribución potencial con los datos de campo previamente obtenidos; con base en presencias/ausencias. La incertidumbre de los modelos se obtuvo mediante la metodología propuesta por Olofsson *et al.* (2014).

7.2.3.2. Zonas prioritarias de conservación

Para la determinación de las zonas prioritarias de conservación se identificaron las amenazas de cada una de las especies para proceder a crear un mapa de amenazas en SIG (Cuadro 3). Estas fueron elegidas y categorizadas con base en la literatura y la opinión de los expertos. A los centros poblados y caminos se les realizó un buffer de impacto. Cada una de estas amenazas se categorizó según su impacto en la especie.

Luego de categorizarlas se procedió con la suma de las capas raster. Los valores más altos obtenidos corresponden a los sitios de mayor amenaza para la especie, en contraste con los valores bajos que corresponden a los sitios de menor amenaza. Por último, se procedió a contrastar esta capa resultante con las distribuciones potenciales de cada especie. Las zonas prioritarias de conservación corresponden a los sitios con mayor grado de amenaza dentro de la distribución de las especies o en su periferia.

7.2.3.3. Vacíos de información

El modelado final se contrastó con los registros de presencia de ambas especies para poder conocer las zonas potenciales con vacíos de información. Se realizó un buffer de 5 km de cada uno de los registros. Las zonas de vacíos de información correspondieron al área fuera del buffer. Ya que corresponden a sitios dentro del rango de distribución sin registros actuales de presencia.

7.2.3.4. Representatividad dentro del SIGAP

El modelado final se contrastó con la capa del SIGAP. Se obtuvo el número de hectáreas totales de la distribución potencial actual y la proporción de hectáreas dentro del SIGAP.

Cuadro 3. Amenazas de las especies de estudio y su categoría.

Especie	Amenaza	Buffer	Categoría*	Justificación	Fuente
Guacamaya roja	Centros poblados	5 km	5	Esta es una especie grandemente amenazada por el tráfico ilegal, por lo que los centros poblados y caminos corresponden a amenazas (CONAP, 2018; García <i>et al.</i> 2008; U.S. Fish & Wildlife Service, 2019).	http://ide.segeplan.gob.gt/descarga_shp/lugares_poblados_gtm.zip
	Calles pavimentadas	1.5 km	2		CEMEC 2019
	Calles urbanas	1 km	1		
	Senderos	1 km	2		
	Calles no pavimentadas	1 km	2		
	Incendios 2014-2017	3 km	5	Los incendios forestales son una de las grandes amenazas de Petén. Se estima que alrededor del 50% de los incendios de Guatemala ocurren en el departamento y un 60% de estos dentro de las áreas protegidas (Segeplan, 2013). Para el 2017 el número de hectáreas afectadas fue de 10,470.56 (INAB, 2017).	INAB
	Fuera del SIGAP	-	4	El SIGAP se creó con la finalidad de proteger los bosques y la biodiversidad del país. Restringiendo el uso de la tierra (CONAP, 2011, 2018; GCI, 2018a).	CONAP 2019
	Pérdida de bosque	-	5	En la RBM se estima una pérdida anual promedio de 1,500 ha (CONAP & WCS, 2018). La pérdida de hábitat es una de las principales causas de su declive poblacional (Britt <i>et al.</i> 2014; García <i>et al.</i> 2008; U.S. Fish & Wildlife Service, 2019). La pérdida de bosque puede corresponder a la disminución de disponibilidad de alimento, refugio y disponibilidad de nidos.	Setinel-2 2018 y 2019 https://scihub.copernicus.eu/

Especie	Amenaza	Buffer	Categoría*	Justificación	Fuente
Loro nuca amarilla	Centros poblados	5 km	5	Esta es una especie grandemente amenazada por el tráfico ilegal, por lo que los centros poblados y caminos corresponden a amenazas (CONAP, 2018).	http://ide.segeplan.gob.gt/descarga_shp/lugares_poblados_gtm.zip
	Calle pavimentada	1.5 km	5		http://ide.segeplan.gob.gt/descarga_shp/caminos_gtm.zip
	Calles no pavimentadas	1 km	4		
	Senderos	1 km	3	El SIGAP se creó con la finalidad de proteger los bosques y la biodiversidad del país. Restringiendo el uso de la tierra (CONAP, 2011, 2018; GCI, 2018a). Muchos de los sitios que corresponden al monitoreo anual de COLORES corresponden a áreas protegidas. Los incendios no son una de las principales amenazas en el área. Sin embargo, pueden causar una reducción en el hábitat. La pérdida de bosque puede corresponder a la disminución de disponibilidad de alimento, refugio y disponibilidad de nidos. Ya que esta es una especie adaptada a condiciones antropogénicas (Fagan & Komar, 2016), la pérdida de bosque disminuye la disponibilidad de nidos principalmente.	CONAP 2019
	Fuera del SIGAP	-	4		
	Incendios 2014-2017	3 km	1		
Pérdida de bosque	-	5	Setinel-2 2018 y 2019 https://scihub.copernicus.eu/		

*Rango de categorías de amenaza: 1: baja, 2: media-baja, 3: intermedia, 4: media-alta, 5: alta.

8. RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del modelado de nicho ecológico actual de la Guacamaya roja y el Loro nuca amarilla. La Guacamaya roja se distribuye en la parte central-este del departamento de Petén, mientras que el Loro nuca amarilla en la boca costa y algunas zonas costeras (Figura 7 y Figura 10). El 89.84% de la distribución de la Guacamaya roja ocurre dentro de la RBM, mientras que únicamente el 6.13% de la distribución del Loro nuca amarilla se encuentra dentro del SIGAP.

8.1. Sitios con mayor probabilidad de ocurrencia

8.1.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

Se emplearon 1,040 registros de presencia de la especie. Para el modelo se utilizaron 127 registros, obtenidos luego de la depuración por sesgo de muestreo. El modelo empleó 89 registros de presencia como datos de entrenamiento y 38 como datos de prueba. El valor logístico del umbral para el corte de la capa correspondió a 4.11 (Figura 5). El modelo resultante obtuvo un valor AUC de 0.986 con respecto a los datos de entrenamiento y 0.979 con respecto a los datos de prueba (Figura 6).

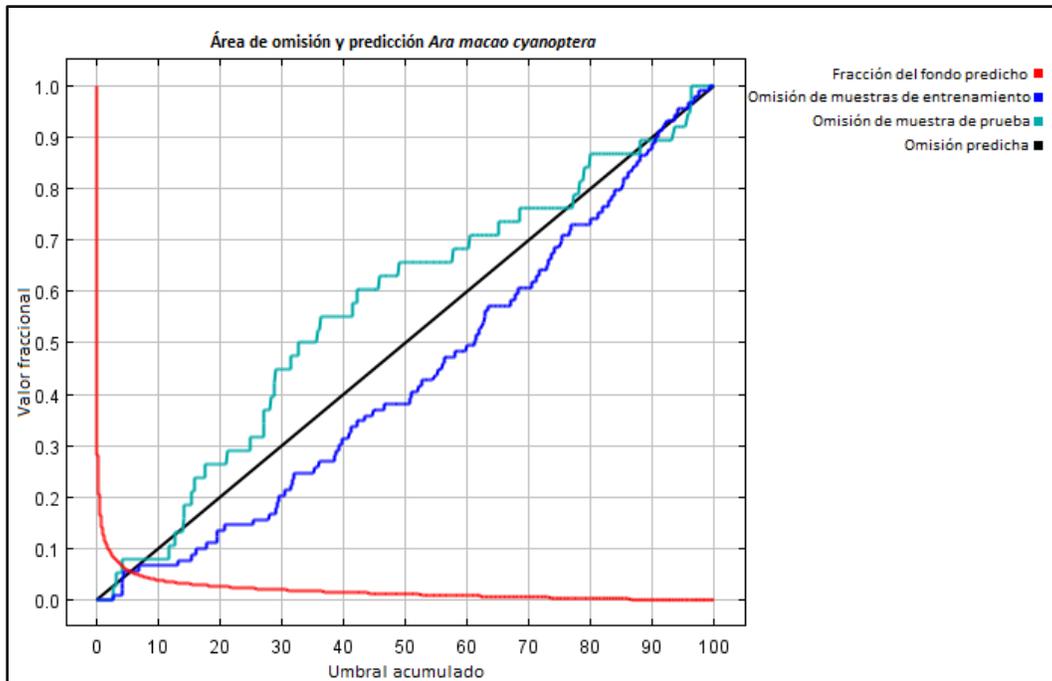


Figura 5. Gráfica del rango de omisión y área predicha del modelado de la distribución de *A. m. cyanooptera*

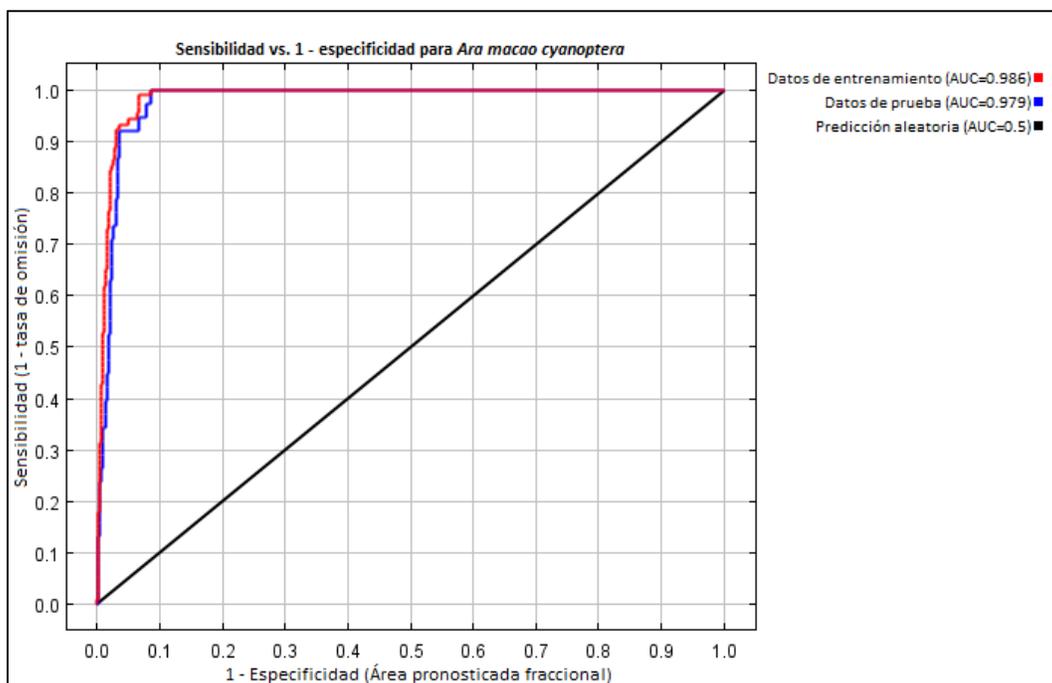


Figura 6. Gráfica de ROC para *A. m. cyanooptera*

Las variables que presentaron mayor porcentaje de contribución fueron “temperatura media del cuarto más cálido” (17.6%), “estacionalidad de la

temperatura” (16.2%), y “estacionalidad de la precipitación” (10.8%) (Cuadro 4). Se excluyeron del modelo final todas las variables que presentaron 0 como porcentaje de contribución e importancia de permutación.

Cuadro 4. Porcentaje de contribución e importancia de permutación de las variables empleadas en el modelado de distribución potencial de la Guacamaya roja en Guatemala

VARIABLE	PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN	IMPORTANCIA DE PERMUTACIÓN
Temperatura media del cuarto más cálido	17.6	0.1
Estacionalidad de la temperatura	16.2	17.9
Estacionalidad de la precipitación	10.8	0.4
Precipitación anual (1400-3200 mm)	9.6	0.1
Altitud (0-1100 msnm)	9.5	0
Bosque latifoliado	8.5	0.1
Rango de temperatura anual	8.4	1.1
Precipitación del mes más seco	4.5	7.5
Temperatura mínima del mes más frío	3.4	0
Temperatura máxima del mes más cálido	2.8	2.7
Rango medio diario	2.7	3.3
Isotermalidad⁷	1.2	0.9
Temperatura media del cuarto más húmedo	1	0
Precipitación del mes más húmedo	0.8	7.1
Temperatura media del cuarto más seco	0.8	12.2
Precipitación del cuarto más frío	0.8	38.7
Temperatura media anual	0.5	8.1

⁷ Isotermalidad: “índice de variabilidad de la temperatura. Razón del rango diario promedio con respecto al rango anual. La fórmula empleada por WorlClim es (rango diario medio/rango de temperatura anual)*100, en cada estación” (UNIATMOS, 2019).

VARIABLE	PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN	IMPORTANCIA DE PERMUTACIÓN
Precipitación del cuarto más húmedo	0.5	0
Bosque	0.3	0
Temperatura media del cuarto más frío	0.1	0
Precipitación del cuarto más seco	0.1	0

Las áreas de probabilidad de ocurrencia de Guacamaya roja fueron en el departamento de Petén, principalmente dentro de los municipios de San Andrés y La Libertad; siendo San Andrés el que presenta las áreas con probabilidad de ocurrencia más alta (Figura 7).

El área de distribución potencial de la Guacamaya roja correspondió a un total de 608,294.23 ha, divididas en 4 rangos. En rango de 4.11-25 corresponde a 438,939.1 ha (72.16%), rango de 25-50 a 96,610.1 ha (15.95%), rango de 50-75 a 40,608.6 ha (6.68%), y rango de 75-100 a 31,936.5 ha (5.25%).

Según la capa de cobertura forestal 2016 (INAB & CONAP, 2019), 256,075.62 ha (42.1%) de la distribución potencial de la especie, se encuentra dentro bosque (Anexo 3). Según la capa de cobertura forestal por tipo y subtipo de bosque 2012 (INAB & CONAP, 2015), y capa de bosques y uso de la tierra (MAGA *et al.* 2014), el bosque latifoliado predomina en la distribución potencial con 299,519.26 ha (49.24%) y 301,7700.66 ha (49.61%), respectivamente (Anexo 4 y Anexo 5).

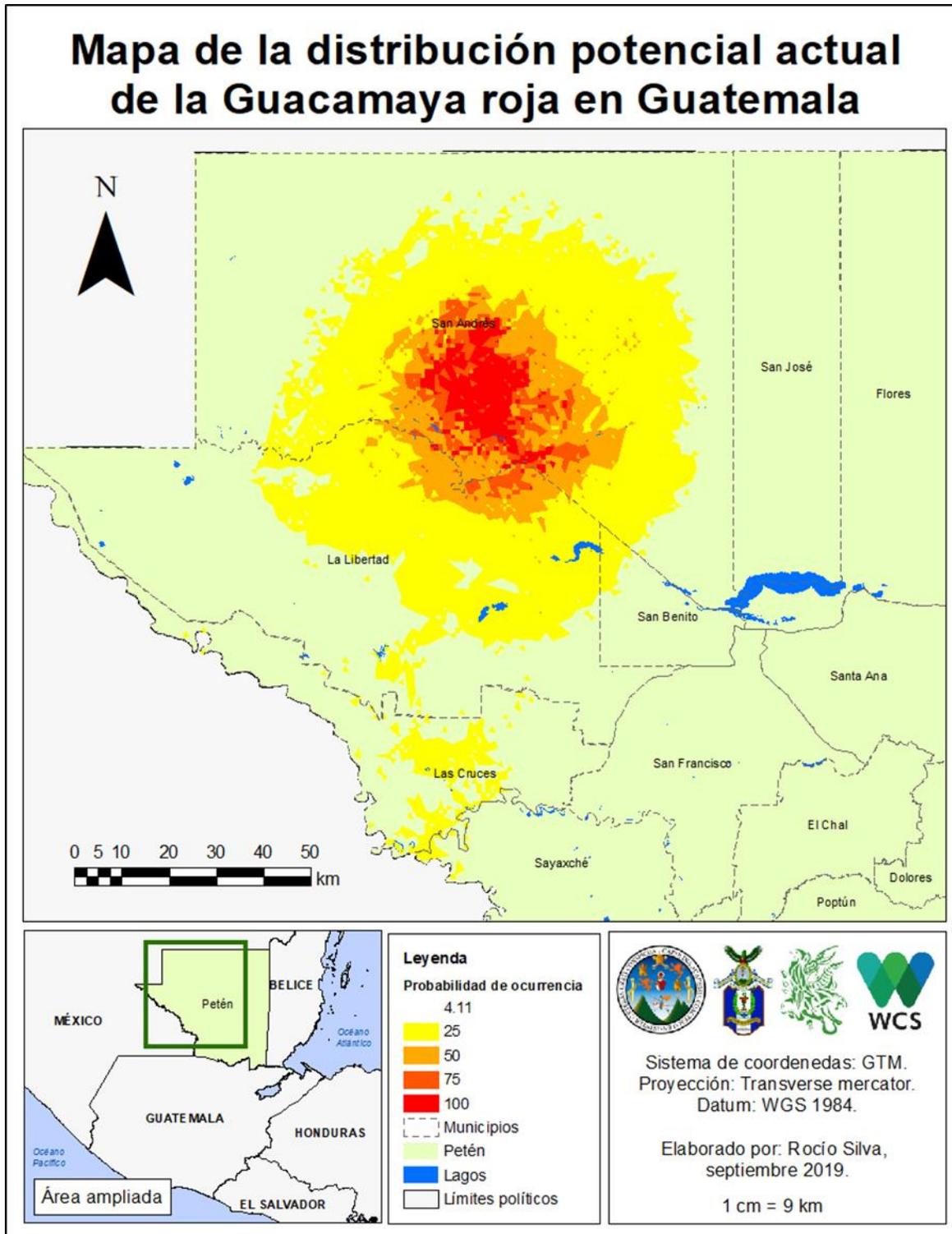


Figura 7. Mapa de la distribución potencial de Guacamaya roja en Guatemala.

8.1.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

Se emplearon 255 registros de presencia de la especie. Para el modelo se utilizaron 74 registros, obtenidos luego de la depuración por sesgo de muestreo. El modelo empleó 35 registros de presencia como datos de entrenamiento y 32 como datos de prueba. El valor logístico del umbral para el corte de la capa correspondió a 5 (Figura 8). El modelo resultante obtuvo un valor AUC de 0.988 con respecto a los datos de entrenamiento y 0.961 con respecto a los datos de prueba (Figura 9).

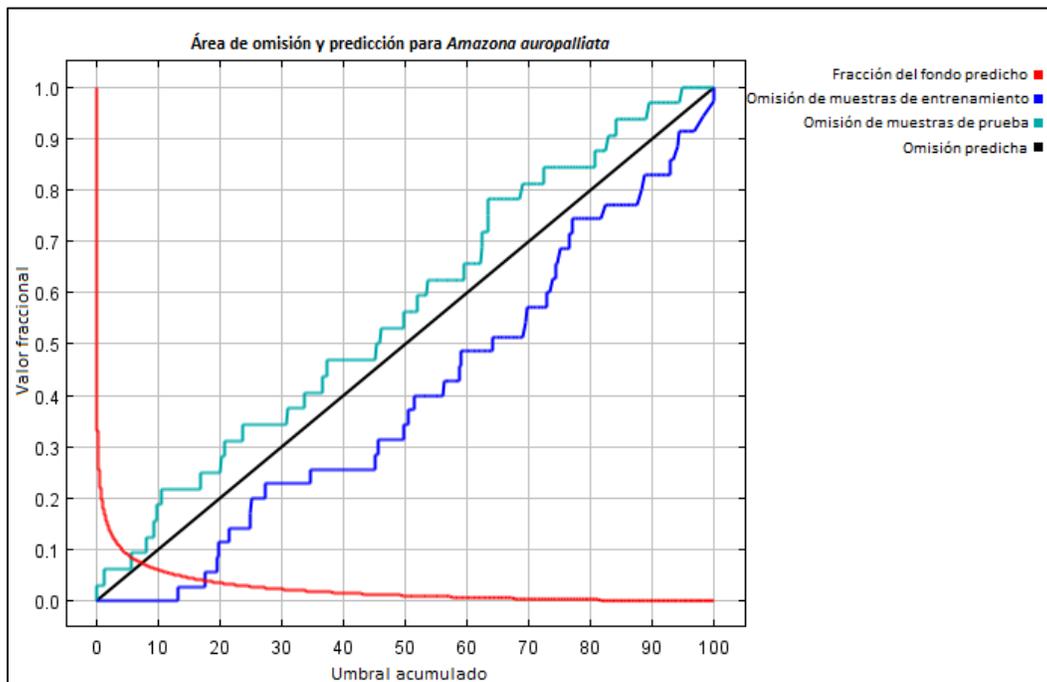


Figura 8. Gráfica del rango de omisión y área predicha del modelado de la distribución de *A. auropalliata*

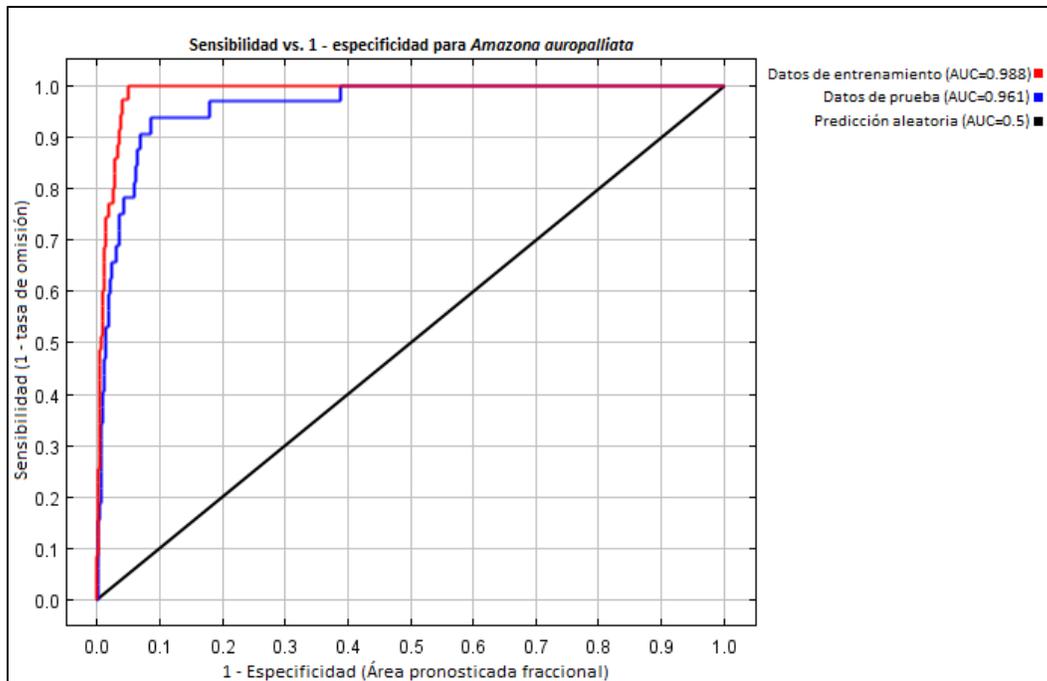


Figura 9. Gráfica de ROC para *A. auropalliata*

Las variables que presentaron mayor porcentaje de contribución fueron “isotermalidad” (51.9%) y “precipitación del mes más húmedo” (21.7%) (Cuadro 5). Se excluyeron del modelo final todas las variables que presentaron 0 como porcentaje de contribución e importancia de permutación.

Cuadro 5. Porcentaje de contribución e importancia de permutación de las variables empleadas en el modelado de distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala

VARIABLE	PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN	IMPORTANCIA DE PERMUTACIÓN
Isotermalidad	51.9	62.7
Precipitación del mes más húmedo	21.7	0.3
Precipitación del cuarto más húmedo	8.6	0.1
Precipitación del cuarto más seco	3.8	29.6
Precipitación del mes más seco	3.6	0
Bosque latifoliado, bosque mixto, bosque seco, manglar, pastizales, zonas agrícolas, árboles frutales	2.9	0.7

VARIABLE	PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN	IMPORTANCIA DE PERMUTACIÓN
Precipitación del cuarto más frío	2.9	0.6
Rango medio diurno	1.7	0.4
Precipitación del mes más seco	1	1.1
Bosque	0.8	0.2
Temperatura media anual	0.6	1.3
Precipitación anual	0.2	3
Temperatura mínima del mes más frío	0.2	0
Temperatura media del cuarto más frío	0	0.1

Las áreas de probabilidad de ocurrencia del Loro nuca amarilla fueron en la costa sur de Guatemala, la boca costa es la que presenta las áreas con probabilidad de ocurrencia más alta (San Marcos a Escuintla) (Figura 10).

El área de distribución potencial del Loro nuca amarilla correspondió a un total de 944,836.46 ha, divididas en 4 rangos. En rango de 5-25 corresponde a 667,747.8 ha (70.67%), rango de 25-50 a 191,195.8 ha (19.18%), rango de 50-75 a 65,957.61 ha (6.98%), y rango de 75-100 a 29,935.25 ha (3.17%).

Según la capa de cobertura forestal 2016 (INAB & CONAP, 2019), 134,666.93 ha (14.3%) de la distribución potencial de la especie, se encuentra dentro bosque y 810,169.59 ha (85.7%) se encuentra fuera del bosque. El rango con mayor probabilidad (75-100) se encuentra únicamente fuera del bosque (Anexo 6). Según la capa de cobertura forestal por tipo y subtipo de bosque 2012 (INAB & CONAP, 2015), un 79.64% (752,467.1 ha) se encuentran en no bosque, seguido de 8.49% (80,216.46% ha) en bosque latifoliado (Anexo 7). En la capa de uso de la tierra (MAGA *et al.* 2014), el café y caña de azúcar predominan en la distribución potencial con 194,620.81 ha (20.60%) y 185,365.07 ha (19.62%), respectivamente (Anexo 8).

Mapa de la distribución potencial actual del Loro nuca amarilla en Guatemala

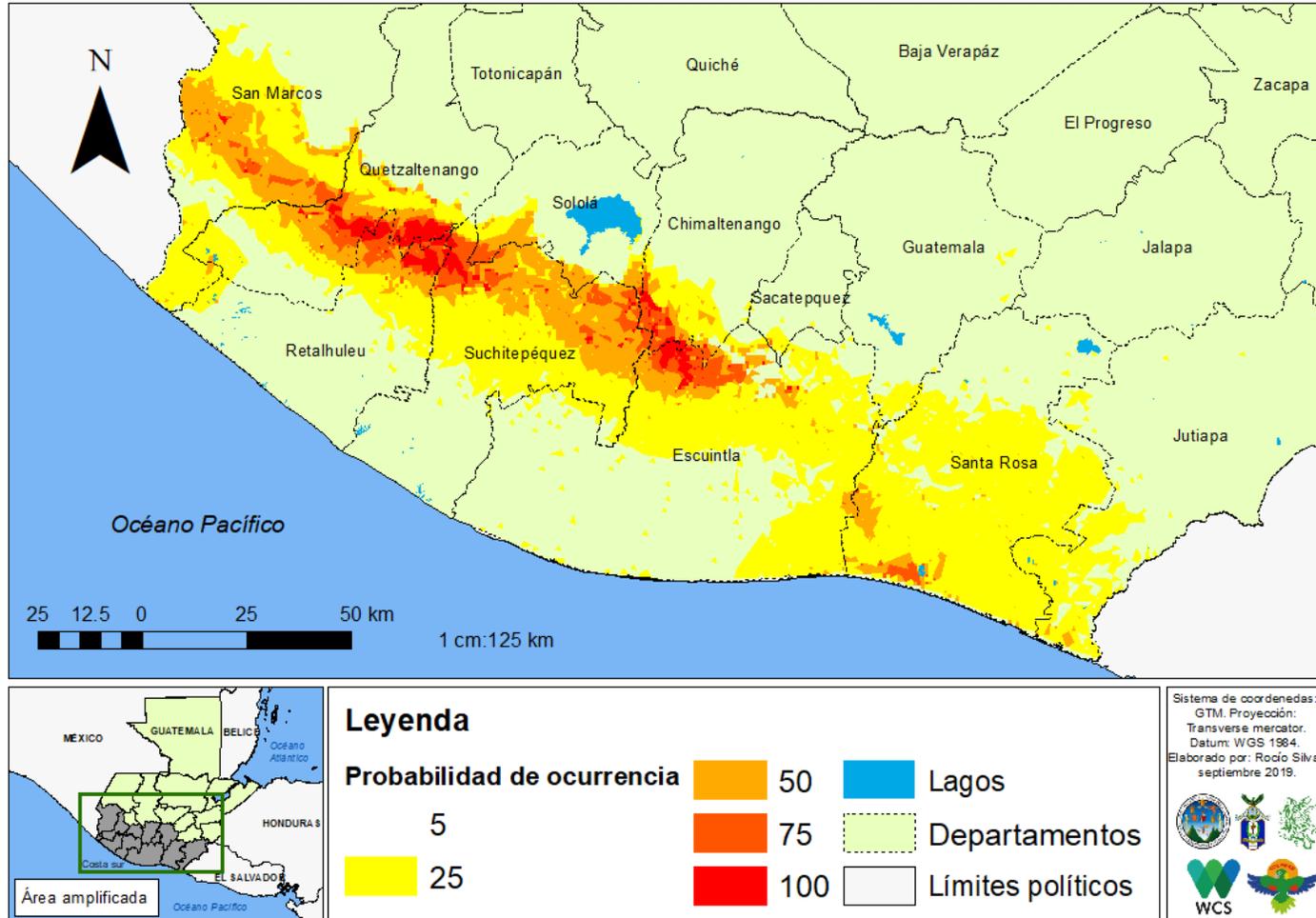


Figura 10. Mapa de la distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala.

8.2. Zonas prioritarias de conservación

8.2.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

Toda el área de distribución de la Guacamaya roja presenta algún grado de amenaza. El grado de amenaza predominante es “media-baja” con 42.88% (260,828.53 ha) y “baja” con 26.58% (161,684 ha). Los rangos de distribución de 25-100 no presentan amenaza de categoría “alta” (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cantidad de hectáreas de cada una de las categorías de amenazas dentro de la distribución de la Guacamaya roja.

AMENAZA / RANGO	4.11-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)	%
Baja	94,225	29,602	20,012	17,844	161,684	26.58
Media-baja	177,610.25	52,199.07	17,677.64	13,341.57	260,828.53	42.88
Intermedia	99,478.42	11,840.68	2,835.09	667.08	114,821.28	18.88
Media-alta	59,036.65	3,168.63	83.39	166.77	62,455.44	10.27
Alta	8,505.28	0	0	0	8,505.28	1.40

El área que presenta amenazas mayores corresponde a la parte central sur del departamento. Esto podría suponer mayor amenaza para la región sur de la distribución de la especie. En general, las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia no presentan amenazas altas. Las zonas en donde se deben enfocar esfuerzos de conservación corresponden a la periferia, principalmente en la región sur y oeste (Figura 11).

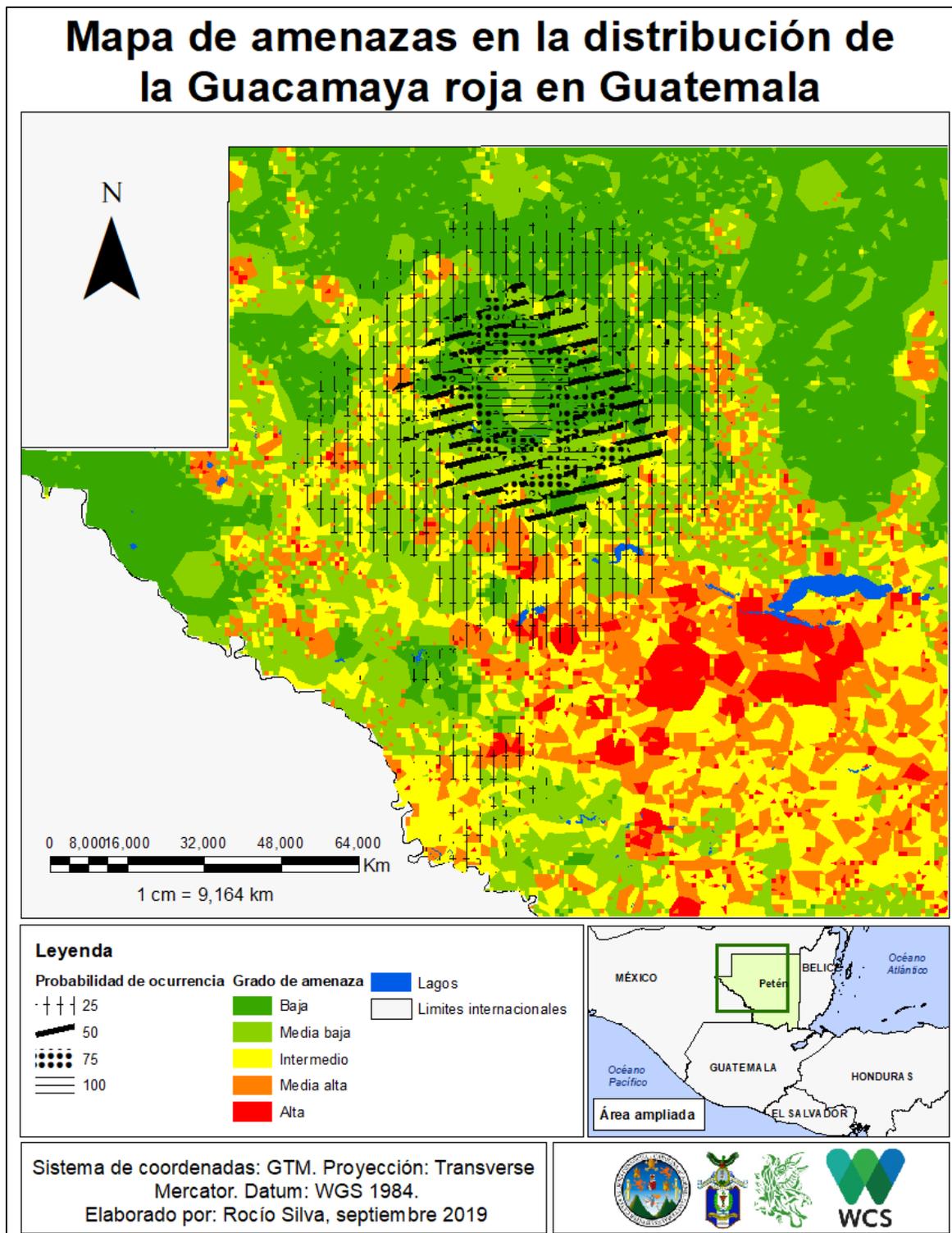


Figura 11. Mapa de amenazas de la Guacamaya roja con relación a su distribución potencial en Guatemala.

8.2.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

Toda el área de distribución del Loro nuca amarilla presenta algún grado de amenaza. El grado de amenaza predominante es “media-baja” con 32.64% (308,441.41 ha), seguido por “baja” con 25.92% (244,902 ha) y “media-alta” con el 22.95% (216,801.25 ha) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cantidad de hectáreas de cada una de las categorías de amenazas dentro de la distribución del Loro nuca amarilla.

AMENAZA / RANGO	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)	%
Baja	185,865	42,526	14,426	2,085	244,902	25.92
Media-baja	209,102	60,426.39	30,324.38	8,588.62	308,441.41	32.64
Intermedia	92,141	21,263.20	7,171.12	3,001.86	123,576.71	13.08
Media-alta	133,249	51,948.91	20,679.50	10,923.45	216,801.25	22.95
Alta	26,100	15,009.32	4,586.18	5,420.03	51,115.06	5.41

Las amenazas no se concentran en ninguna zona en particular en la costa sur. Sin embargo, en la boca costa, dentro de la distribución del Loro nuca amarilla, se observan altas amenazas. Los esfuerzos de conservación deben enfocarse principalmente en la región central de la distribución en la boca costa, en los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango y San Marcos (

Figura 12).

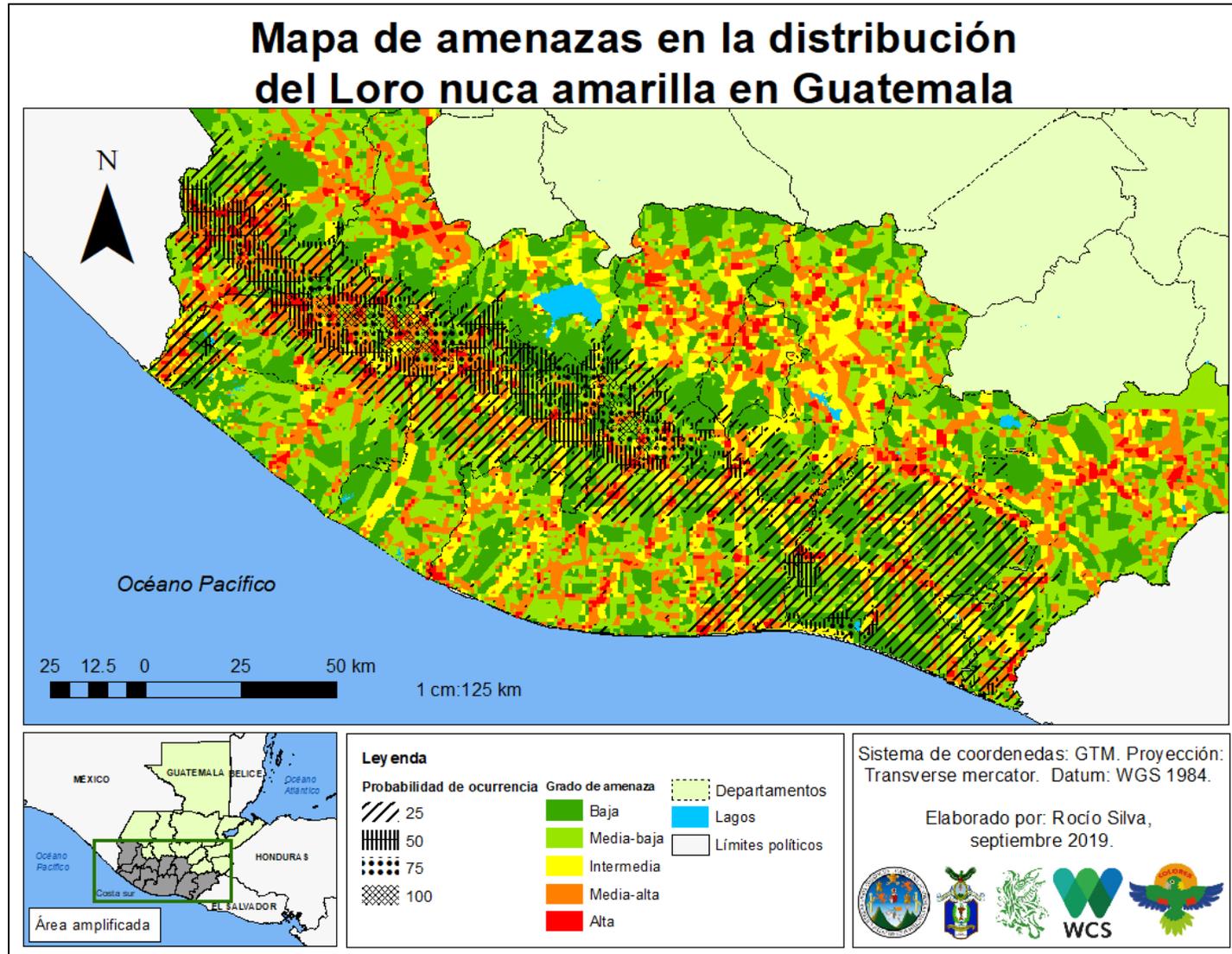


Figura 12. Mapa de amenazas del Loro nuca amarilla con relación a su distribución potencial en Guatemala.

8.3. Vacíos de información

8.3.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

Los vacíos de información correspondieron a las zonas sin registros de presencia desde el año 2014. Se puede observar que la mayor área se encuentra en el borde de la distribución, dentro del menor rango (4.11-25) de probabilidad de ocurrencia (Figura 13).

8.3.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

Los vacíos de información correspondieron a las zonas sin registros de presencia desde el año 2014. Se puede observar que la mayor área se encuentra en la periferia de la distribución, dentro del menor rango (5-25) de probabilidad de ocurrencia. Sin embargo, los departamentos de San Marcos, Chimaltenango y Escuintla presentan áreas de alta probabilidad de ocurrencia con ausencia de registros (Figura 14).

Mapa de vacíos de información en la distribución de la Guacamaya roja en Guatemala

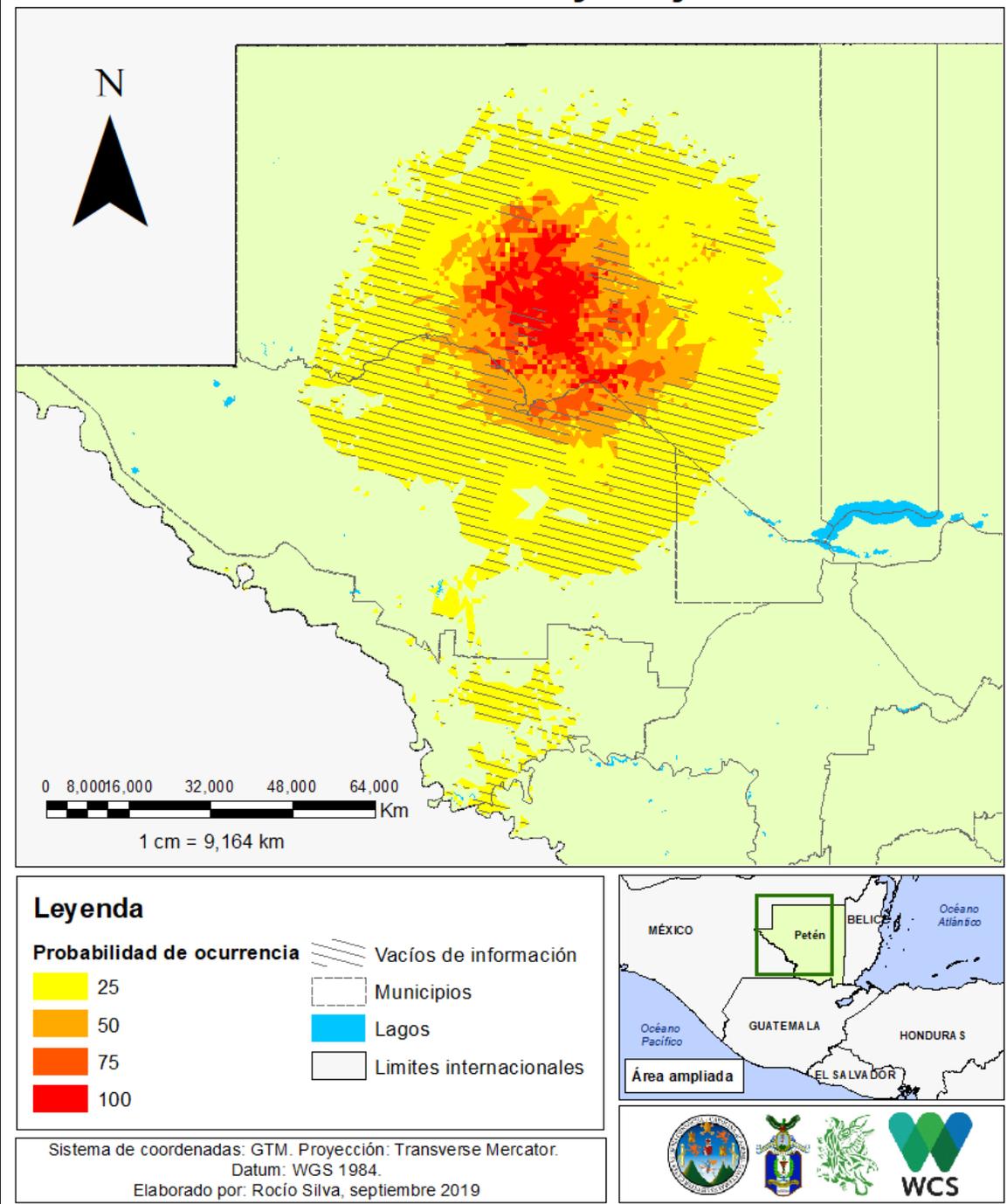


Figura 13. Mapa de los sitios con vacíos de registros en la distribución de la Guacamaya roja desde el año 2014.

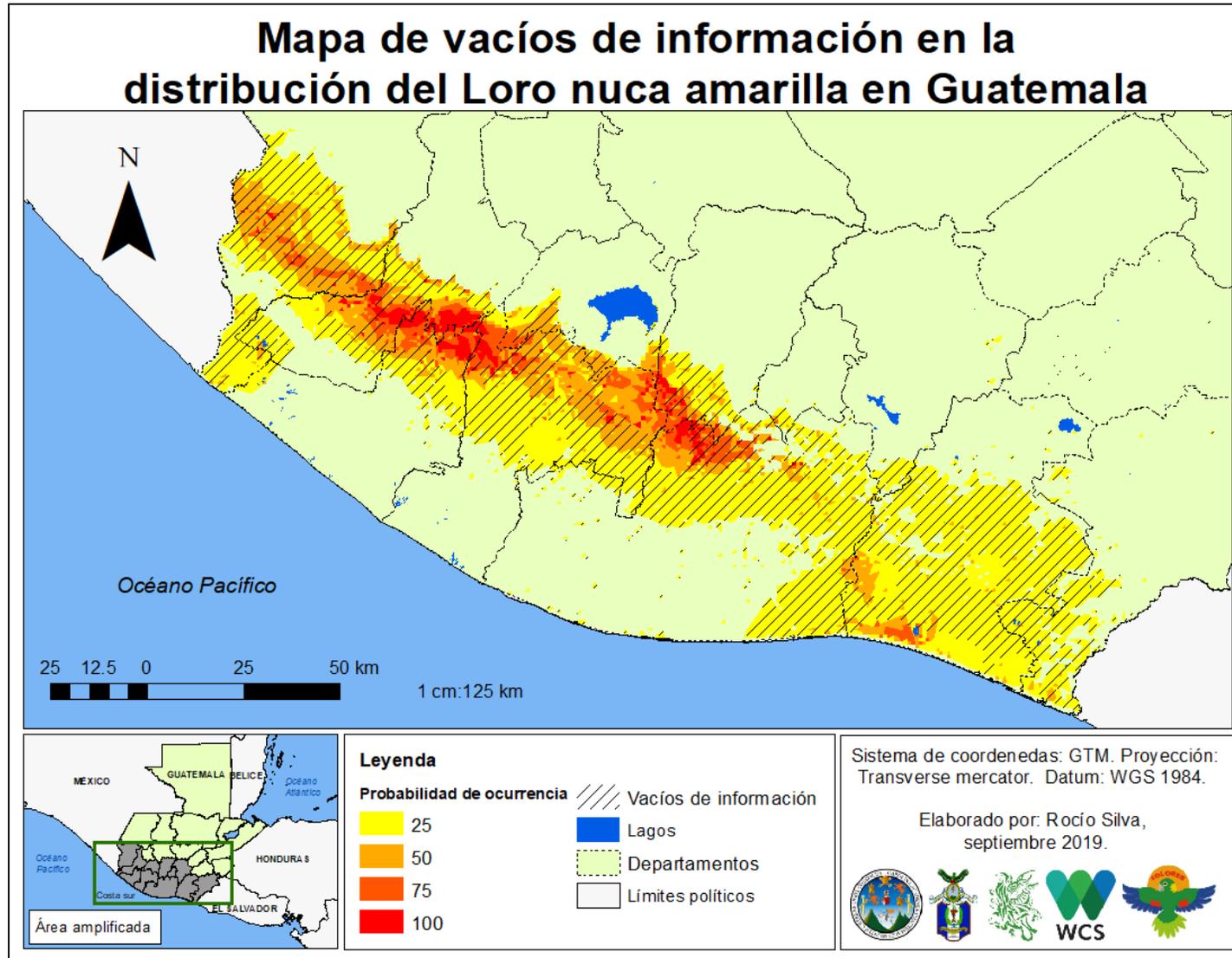


Figura 14. Mapa de los sitios con vacíos de registros en la distribución del Loro nuca amarilla desde el año 2014

8.4. Representatividad dentro del SIGAP

8.4.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

Del total de hectáreas de la distribución potencial un 89.84% (546,505.92 ha) se encuentra dentro del SIGAP. Los rangos con mayor probabilidad de ocurrencia se encuentran principalmente en el Parque Nacional Laguna del Tigre -PNLT y Corredor Biológico Mirador Río Azul-Laguna del Tigre (Figura 15).

Mapa de la distribución potencial actual de la Guacamaya roja en Guatemala en relación al SIGAP

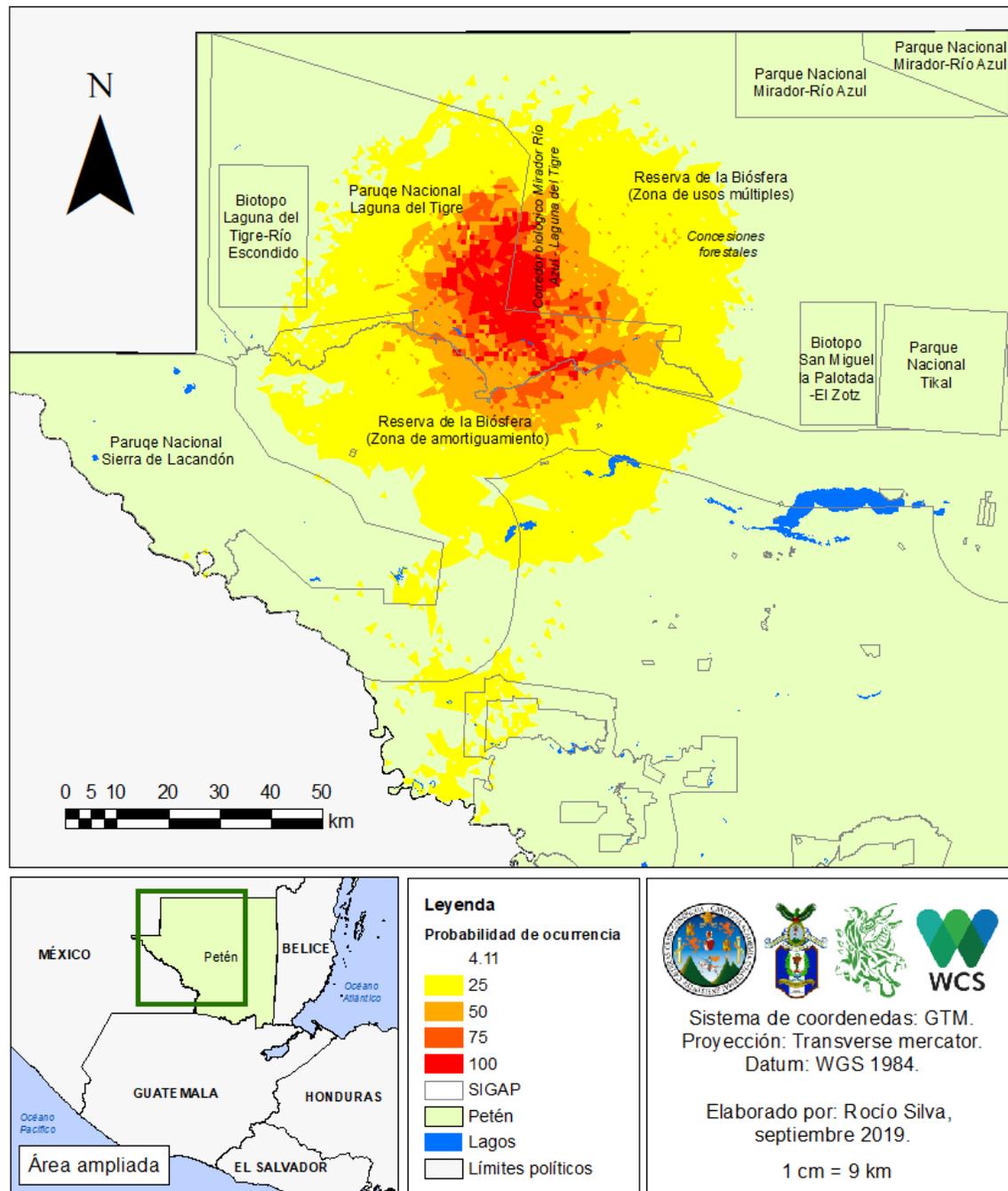


Figura 15. Mapa de la distribución potencial de Guacamaya roja en Guatemala, con relación al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP.

La mayor parte de la distribución se encuentra dentro de las categorías Reserva de Biósfera (58.60%) y Parque Nacional (29.69%), los rangos de distribución de 25-100 se encuentran únicamente dentro de estas categorías (Cuadro 8). El rango de distribución de 4.11-25 es el que presenta mayor representatividad dentro del SIGAP con 377,317.56 ha (62.03%).

Cuadro 8. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial de Guacamaya roja en Guatemala, en relación con SIGAP.

CATEGORÍA SIGAP / RANGO	4.11-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	% según categoría SIGAP
Parque Nacional	91,806.99	41,525.78	25,932.76	21,347	29.69
Refugio de Vida Silvestre	3,252.02	0	0	0	0.53
Reserva Biológica	4,586.18	0	0	0	0.75
Reserva de Biósfera	276,171.44	55,034.16	14,676.78	10,590	58.60
Reserva Natural Privada	83.39	0	0	0	0.01
Biotopo Protegido	1,417.55	0	0	0	0.23
Total Área (ha)	377,317.56	96,559.94	40,608.54	31,936.49	
% según rango	62.03	15.87	6.68	5.25	

8.4.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

Del total de hectáreas de la distribución potencial del Loro nuca amarilla, únicamente un 6.13% (57,952.64 ha) se encuentra dentro del SIGAP. Los rangos con mayor probabilidad de ocurrencia se encuentran principalmente fuera del SIGAP. Algunos rangos altos se encuentran dentro de la Reservas de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán -RUMCLA, y Fincas privadas (Figura 16).

La mayor parte de la distribución se encuentra dentro de las categorías Área de Usos Múltiples (2.66%), seguido de Reserva Natural Privada (1.18%) y Zona de Veda Definitiva (1.17%). El rango de probabilidad más alto (75-100), se encuentra únicamente en Área de Usos Múltiples y Reserva Natural Privada (Cuadro 9). El rango de distribución de 5-25 es el que presenta mayor representatividad dentro del SIGAP con 33,354.04 ha (3.53%).

Cuadro 9. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala, en relación con SIGAP.

CATEGORÍA SIGAP / RANGO	4.11-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	% según categoría SIGAP
Zona de Veda Definitiva	8,922.21	2,084.63	83.39	0	1.17
Área de Uso Múltiple	14,509	11,590.53	3,085.25	500.31	3.15
Parque Nacional	583.70	0	0	0	0.06
Reserva de la Biosfera Parque Regional y Área Natural Recreativa	416.93	0	0	0	0.04
Parque Regional Municipal	83.39	0	0	0	0.01
Reserva Natural Privada	4,169.25	583.70	166.77	0	0.52
Total Área (ha)	4,669.57	3,752.33	2,001.24	750.47	1.18
% según rango	33,354.04	1,8011.18	5,336.65	1,250.78	
	3.53	1.91	0.56	0.13	

9. DISCUSIÓN

9.1. Sitios con mayor probabilidad de ocurrencia

9.1.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

Las variables que tuvieron mayor influencia en la distribución de la especie fueron variantes de la temperatura (temperatura del cuarto más cálido y estacionalidad de la temperatura) y precipitación (estacionalidad de la precipitación y rango de precipitación anual entre 1400-3200 mm), altitud y bosque latifoliado (Cuadro 4). Esto puede deberse a que estas son variables que determinan la fenología de las plantas (van Schaik, Terborgh, & Wright, 1993). Por lo que la disponibilidad de alimento puede ser una de las principales razones de su distribución. La disponibilidad de alimento también podría explicar la migración hacia México luego de la época reproductiva.

Históricamente la Guacamaya roja se distribuía en la parte norte y sur del país (Anexo 9). Su rango de distribución se ha restringido al departamento de Petén (Figura 7). En 1998 se identificó que la distribución probable en esa época era de 2,351,307.45 ha (Pérez Pérez, 1998), un ~75% más del número de hectáreas identificadas actualmente (608.294.23 ha). En el mismo estudio se identificó que el área aprovechable para la guacamaya correspondía únicamente a los bosques, siendo en esa época un 25% de la distribución total. Actualmente, el 42.1% corresponde a bosques, si lo comparamos con el estudio de Pérez (1998), el área aprovechable se ha reducido en un ~56%. La pérdida de cobertura boscosa es constante en Guatemala. La tasa de deforestación de la RBM en el último año fue de 10,100 ha (McNab, 2019, *com.pers.*). Gran porcentaje de la distribución de la Guacamaya roja ocurre dentro de esta área.

Se logró identificar que los sitios con mayor probabilidad de ocurrencia para la Guacamaya roja corresponden a los municipios de San Andrés y La Libertad (Figura 7). La parte este del municipio de San Andrés corresponde a concesiones forestales. Las cuales, en conjunto con otras áreas de la región este de la RBM, han favorecido a la estabilidad de este sector (CONAP & WCS, 2018). Esta estabilidad

es lo que podría favorecer mayor probabilidad de ocurrencia cercano al área. Así mismo esta es la zona con mayor densidad de nidos (Anexo 1).

Su presencia ocurre principalmente en bosques latifoliados (~50%) (Anexo 4 y Anexo 5). Las guacamayas utilizan nidos de Cantemó en su mayoría para la anidación (Pérez Pérez, 1998). También se alimentan de distintos árboles latifoliados como Ramón, Jobo, Zapotillo, Amate, etc. (GSF, 2001; WCS, n.d.) A partir de su distribución y comportamiento podemos inferir que la especie requiere principalmente zonas boscosas, sin embargo, puede encontrarse en algunas áreas perturbadas.

9.1.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

Las variables que tuvieron mayor influencia en la distribución del Loro nuca amarilla fueron variantes de la temperatura (isotermalidad) y precipitación (precipitación del mes más húmedo, precipitación del cuarto más húmedo, precipitación del cuarto más seco y precipitación del mes más seco), así como el tipo de hábitat (bosque latifoliado, bosque mixto, árboles frutales, etc.) (Cuadro 5). La presencia de bosque influyó poco en el modelo, esto puede deberse a que la especie está asociada con actividades antropogénicas y puede encontrarse frecuentemente en zonas cultivadas (Fagan & Komar, 2016). Esto corresponde con la presencia de la especie únicamente en un 14.3% de bosque (Anexo 6). Así mismo, se tiene registro de una probable población que se ha establecido en la ciudad de Guatemala, posiblemente proveniente de mascotas liberadas en el área (Joyner, 2019, *com.pers.*). Por lo que se puede suponer que es una especie fácilmente adaptable.

La distribución del Loro nuca amarilla corresponde principalmente a la boca costa del país, la mayor parte se encuentra en las faldas de la cadena volcánica del Altiplano Occidental (Figura 10). Históricamente la especie se distribuía desde las faldas de la Cordillera Volcánica Occidental hasta la costa del país (Anexo 10). Actualmente la boca costa es la que presenta la mayor cantidad de remanentes boscosos del área (GCI, 2018b). La Costa Sur es una región que históricamente ha sufrido grandes cambios en su estructura, debido principalmente a monocultivos por la apropiación de tierras desde la colonia (GCI, 2018b; Secretaría de Planificación

y Programación de la Presidencia, 2011). En la actualidad estos sitios corresponden en su mayoría a caña de azúcar. El hule, café y palma africana también se encuentran en la zona (GCI, 2018b). Sus tierras volcánicas las hacen zonas cultivables (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011). Por lo que no es de extrañarse que gran parte de la distribución del Loro nuca amarilla (40.22%), esté asociada con el café y la caña de azúcar (Anexo 7 y Anexo 8). También existe una proporción asociada a bosques latifoliados, esto podría deberse a que utilizan estos árboles para sus nidos y alimentación (Acedo, 1991).

9.2. Zonas prioritarias de conservación

9.2.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

La presencia de la RBM dentro de la zona de distribución de las guacamayas favorece la protección de la especie, ya que aún existen áreas boscosas de difícil acceso. A esto podría deberse que el mayor rango de amenaza se encuentre entre media-baja y baja; sumando el 69.36% (Cuadro 7). Sin embargo, el departamento de Petén presenta varias amenazas, las cuales corresponden a ganadería, tala de árboles, incendios forestales, invasiones en áreas protegidas y narcotráfico (IARNA, URL, & IIA, 2006; MARN, 2017). Esto se ve reflejado en la periferia de la distribución, principalmente en la región sur-oeste (Figura 11).

Una de las amenazas más grande para la especie es el tráfico ilegal (García-Anleu & Guerra Corado, 2019), por lo que la presencia humana es una amenaza alta. Las principales concentraciones de población se encuentra alrededor del lago Petén Itzá, y cercanas a la carretera que conecta Petén con la Ciudad Capital (vía Poptún) (Segeplan, 2013). Esto podría explicar el alto grado de amenaza en la periferia sur-este de la distribución. Esta debe ser una de las zonas prioritarias de conservación ya que el crecimiento poblacional podría conllevar más riesgo para las poblaciones de esta especie. Así mismo, también podría corresponder a la ruta migratoria entre Belice y México (García Anleu, 2019). Durante el mes de octubre 2019 se tuvo registros de probable migración de guacamayas en Naranjo frontera, cerca de Yaxhá.

La periferia oeste-sur también presenta algunas regiones con alta amenaza. Esta es una de las zonas con mayor conflictividad dentro del SIGAP, principalmente el PNLT y Parque Nacional Sierra de Lacandón -PNSL. En este último no se han tenido reportes de avistamiento en los últimos 5 años (Leonardo, 2019, *com.pers.*). El PNLT en conjunto con el Biotopo Protegido Río Escondido Laguna del Tigre, registro el 37% de la pérdida total bruta de la RBM en el 2017 (CONAP & WCS, 2018). Esta una de las regiones a las que se le debe poner más atención ya que es probable que las guacamayas utilicen esta zona como ruta migratoria hacia México luego de terminar la época reproductiva (García-Anleu & Guerra Corado, 2019). También es importante considerar las liberaciones que se han realizado por parte de ARCAS y FDN en Sierra Lacandón (FDN, 2019), ya que estas podrían ayudar a mantener las poblaciones silvestres.

Los incendios también son uno de los principales problemas de la región. Se estima que el 50% de los incendios en Guatemala ocurren en el departamento de Petén. Para el 2017 10,470.56 ha se vieron afectadas (INAB, 2017; Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011). Durante el año 2019 se reportó un incendio muy cercano a uno de los sitios de anidación en el PNLT (García, 2019, *com.pers.*). Según datos del CEMEC, CONAP, WCS y CNCG (2017), la región oeste de la RBM es la que presenta la mayor cantidad de puntos de calor. Es importante implementar medidas que favorezcan la disminución de los mismos, ya que esta es la región colindante a los sitios de mayor densidad de nidos.

9.2.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

La fertilidad de los suelos de la Costa Sur favorece la agricultura, por lo que es un área altamente degradada (GCI, 2018b; MARN, 2017). Gran parte de la distribución del Loro nuca amarilla se encuentra amenazada. Las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia, que corresponden a la boca costa, presentan altas amenazas (Figura 12). Es importante priorizar esta región ya que es la que presentan la mayor proporción de zonas boscosas o con árboles dispersos en la región (GCI, 2018b). Los manglares también son considerados hábitat de la especie, sin embargo, no se registra alta presencia en esta zona. Esto podría deberse a que desde los años 50'

se ha perdido alrededor del 70% de su cobertura histórica (Dávila Pérez, López Roulet, & García Vettorazzi, 2014).

Esta es una región altamente habitada (IARNA *et al.* 2006; Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011), por lo que la facilidad de acceso en la mayoría de las áreas es la amenaza más fuerte para los loros ya que aún se ven sometidos a un tráfico ilegal alto (COLORES, n.d.). Las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia también corresponden a las zonas con mayor densidad poblacional (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011).

En esta región es de suma importancia trabajar con las personas para lograr la conservación de las poblaciones de esta especie, y crear alianzas con dueños de las tierras que faciliten su protección. Ya que zona corresponde en mayor proporción a fincas con cultivos de exportación (GCI, 2018b). Así mismo, esto ayudaría a reducir el alto saqueo de nidos que aún se registra para la especie (CITES, 2002b; Galindo Vásquez *et al.* 2018).

Debido a que es una región muy privatizada, la presencia del SIGAP es escasa. Lo que perjudica la protección de las poblaciones de la especie mediante este sistema. Los monitoreos que realiza el grupo COLORES se han realizado principalmente en fincas privadas, algunas de las cuales corresponden a reservas privadas del SIGAP (Galindo Vásquez *et al.* 2018). Esta misma privatización puede ser una gran amenaza ya que las actividades de producción de agroexportación regularmente entran en conflicto con la conservación de la biodiversidad (Segeplan, 2013).

9.3. Vacíos de información

9.3.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

Los esfuerzos de muestreo en los últimos años se han centrado principalmente en las áreas de mayor probabilidad de ocurrencia (Figura 13), que corresponden en gran medida a los sitios con alta densidad de nidos (Anexo 1). Esta zona también corresponde al área de incidencia de WCS. WCS en conjunto con otras instituciones ha trabajado por más de 20 años en la protección de las poblaciones de la especie (Berkunsky *et al.* 2017; Britt *et al.* 2014; García-Anleu & Guerra Corado, 2019; García *et al.* 2008).

Sería importante ampliar el área de incidencia. Los esfuerzos en la región sur serían valiosos ya que esta podría corresponder a la ruta migratoria de Guatemala a México. Enfocar esfuerzos en la periferia también sería valioso para evaluar el uso del hábitat de la especie durante la época reproductiva.

9.3.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

Los esfuerzos de muestreo para las poblaciones del loro se han centrado en los últimos años en fincas y reservas privadas, principalmente (Galindo Vásquez *et al.* 2018). En la Costa Sur no existe presencia institucional fuerte en temas de conservación. Por lo que el área de vacíos de registros de Loro nuca amarilla corresponde a la mayor proporción de la distribución (Figura 14).

Es indispensable enfocar los esfuerzos de muestreo en las áreas de distribución, principalmente en las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia. Estas corresponden a los departamentos de San Marcos y Escuintla.

9.4. Representatividad dentro del SIGAP

9.4.1. Guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*)

La mayor proporción de la distribución de la Guacamaya roja se encuentra dentro del SIGAP (89.84%) (Figura 15). Sin embargo, en el periodo 2006-2010 se registró una tasa neta anual de deforestación del 1.5%, mayor al 0.4% de la tasa fuera de áreas protegidas (GCI, 2018b).

La guacamaya se distribuye principalmente dentro de Reserva de Biósfera, seguido de Parque Nacional (Cuadro 8). El PNLT es la zona más vulnerable dentro de la RBM, debido a la tala de árboles, incendios, narcotráfico, invasiones, actividad petrolera y falta de gobernabilidad (GCI, 2018b). El 29% de la pérdida bruta en el 2017 dentro de la RBM correspondió a este parque en conjunto con el Biotopo Protegido Río Escondido-Laguna del Tigre (CONAP & WCS, 2018). Gran parte de la distribución se ubica también en la zona de amortiguamiento. Esta registró una pérdida del 37% (CONAP & WCS, 2018).

Esta zona colinda con el Corredor Biológico Mirador Río Azul-Laguna de Tigre que se encuentra al lado de las concesiones forestales. Esta es la zona mejor

conservada de la RBM, en donde se ha registrado un incremento en la cobertura forestal. Para el año 2017 se registró por primera vez una tasa neta de cambio positiva de cobertura forestal en la región este de la RBM. Con una ganancia neta de 1,087 ha (CONAP & WCS, 2018). La mayor densidad de nidos se encuentra dentro de estas áreas. Sin embargo, su colindancia con el PNLT y Zona de amortiguamiento es una alta amenaza para las poblaciones de la especie.

9.4.2. Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)

El Loro nuca amarilla tiene una representatividad baja dentro del SIGAP, únicamente el 6.13% de su distribución (Figura 16). Las fincas privadas, RUMCLA y Área de Usos Múltiples Hawaii es donde se encuentra la mayor proporción. Las primeras dos corresponden a probabilidades altas de ocurrencia (Cuadro 9). La baja presencia del SIGAP en el área podría ser un riesgo alto para las poblaciones de esta especie. A pesar de que la tasa neta anual de deforestación 2006-2010 fue mayor dentro de las áreas protegidas, (GCI, 2018b), se esperaría que estas estuvieran mejor protegidas. Ya que, en las Reservas Naturales Privadas, a pesar de no presentar incremento, la tasa de cambio anual corresponde a 0.35% menos de cobertura. Menor a la tasa registrada fuera del SIGAP (Castellanos, 2011; GCI, 2018b).

La costa sur, a diferencia de la RBM, no corresponde a un macizo boscoso ni a una gran porción de área protegida continua. Lo que mayormente predomina son las Reservas Naturales Privadas, dentro de fincas cafetales o de algún otro cultivo (MARN, 2017). La implementación de estas zonas de conservación privadas puede ser lo que eventualmente favorezca a las poblaciones de esta especie en su conservación. Ya que se ha visto un alto número de reducción de individuos en los últimos años (COLORES, n.d.).

10. CONCLUSIONES

La distribución de la Guacamaya roja se restringe al departamento de Petén, mientras que la distribución del Loro nuca amarilla ocurre en la Costa Sur del país.

Los sitios con mayor probabilidad de ocurrencia de la Guacamaya son en el municipio de San Andrés, principalmente; mientras que los sitios con mayor probabilidad de ocurrencia para el loro corresponden a los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla (en la parte de la boca costa).

La periferia de la distribución de la Guacamaya roja es la que presenta mayor amenaza, principalmente en la región sur; mientras que el Loro nuca amarilla se ve altamente amenazado en toda su distribución, principalmente en las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia. Por lo que estas deberían ser las zonas con mayor prioridad de conservación para ambas especies.

Los vacíos de información para la Guacamaya roja no corresponden a las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia, sin embargo, es importante priorizar la región sur ya que esta podría ser la ruta migratoria hacia México. El Loro nuca amarilla presenta vacíos de información en los departamentos de San Marcos y Escuintla estos corresponden a sitios con alta probabilidad de ocurrencia, por lo que se podrían enfocar esfuerzos de muestreo en estas zonas,

El 89.84% de la distribución de la Guacamaya roja se encuentra protegida dentro de la RBM, mientras que únicamente el 6.13% de la distribución del Loro nuca amarilla se encuentra dentro del SIGAP.

11. RECOMENDACIONES

Realizar este tipo de modelos cada 5 o 10 años con el fin de poder evaluar aumento o reducción de hábitat probable de las poblaciones de ambas especies. Esto podría corresponder a un indicador de la eficiencia de los esfuerzos de conservación para ambas especies.

Caracterizar el tipo de hábitat (nidos, alimentación) y su uso a lo largo del año, con el fin de priorizar esfuerzos y áreas de conservación para poblaciones de ambas especies.

Definir las rutas migratorias de la Guacamaya roja entre Guatemala-Belice y México, con el fin de priorizar zonas de conservación.

12. REFERENCIAS

- Acedo, V. (1991). Ecology of the Yellow-naped Amazon in Guatemala. *AFA Watchbird*, 18(6), 31–34. Retrieved from <https://journals.tdl.org/watchbird/index.php/watchbird/article/view/2730/2710>
- Alianza para la Conservación de la Guacamaya Roja en la Selva Maya. (n.d.). Alianza para la Conservación de la Guacamaya Roja en la Selva Maya. Retrieved June 24, 2019, from <https://guacamayasrojas.wixsite.com/selvamaya>
- Annorbah, N. N. D. (2016). *ASSESSING DISTRIBUTION, ABUNDANCE AND IMPACTS OF TRADE AND HABITAT CHANGE IN WESTERN POPULATIONS OF AFRICAN GREY PARROT (PSITTACUS ERITHACUS)*.
- ARCAS. (2015). ARCAS. Wildlife Rescue and Conservation Association. Retrieved June 23, 2019, from <https://arcasguatemala.org/es/donde-estamos/arcas-peten/nuestros-programas/>
- Baldwin, R. A. (2009). Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, 11(4), 854–866. <https://doi.org/10.3390/e11040854>
- Berkunsky, I., Quillfeldt, P., Brightsmith, D. J., Abbud, M. C., Aguilar, J. M. R. E., Alemán-Zelaya, U., ... Masello, J. F. (2017). Current threats faced by Neotropical parrot populations. *Biological Conservation*, 214, 278–287. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.08.016>
- BirdLife International. (2012). *Amazona auropalliata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.T22686342A39047907. Retrieved April 23, 2019, from <https://www.iucnredlist.org/species/22686342/39047907#taxonomy>
- BirdLife International and Handbook of the Birds of the World (2014). *Amazona auropalliata*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 6.2. <https://www.iucnredlist.org>. Descargado el 23 de septiembre, 2019
- BirdLife International and Handbook of the Birds of the World (2014). *Ara macao*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 6.2.

<https://www.iucnredlist.org>. Descargado el 23 de septiembre, 2019

BirdLife International. (2016). Ara macao. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22685563A93079992. Retrieved April 23, 2019, from <https://www.iucnredlist.org/species/22685563/93079992#taxonomy>

Boria, R. A., Olson, L. E., Goodman, S. M., & Anderson, R. P. (2014). Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecological Modelling*, 275, 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.12.012>

Botello, F., Sánchez-Cordero, V., & Ortega-Huerta, M. A. (2015). Disponibilidad de hábitats adecuados para especies de mamíferos a escalas regional (estado de Guerrero) y nacional (México). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(1), 226–237. <https://doi.org/10.7550/RMB.43353>

Boyd, J., Styles, D., & Brightsmith, D. (2008). Scarlet Macaw Reintroduction, Release, and Management. In *The Scarlet Macaw in Guatemala and El Salvador: 2008 Status and Future Possibilities* (pp. 107–120). Guatemala. Retrieved from https://hatchedtoflyfree.homestead.com/WorkshopMarch08/Ch_10_Scarlet_Macaw_Reintroduction_Release_and_Management.pdf

Britt, C. R., García Anleu, R., & Desmond, M. J. (2014). Nest survival of a long-lived psittacid: Scarlet Macaws (*Ara macao cyanoptera*) in the Maya Biosphere Reserve of Guatemala and Chiquibul Forest of Belize. *The Condor*, 116(2), 265–276. <https://doi.org/10.1650/condor-12-141-r1.1>

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., Rylands, A. B., Konstant, W. R., ... Hilton-Taylor, C. (2002). Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity. *Conservation Biology*, 16(4), 909–923. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00530.x>

Canjura Hernández, J. A. (2010). *ABUNDANCIA RELATIVA Y ALIMENTACIÓN DE LA POBLACIÓN DE Amazona auropalliata “Lora nuca amarilla” EN ISLA MONTECRISTO, DEPARTAMENTO DE USULUTÁN, EL SALVADOR.*

- Universidad de El Salvador. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8930/1/19200879.pdf>
- Castellanos, E. J. (2011). *Estimación de la Cobertura Forestal para la República de Guatemala y dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006*. Guatemala. Retrieved from http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt_2009.28.pdf
- CITES. (2002a). *EXAMEN DE LAS PROPUESTAS DE ENMIENDA A LOS APÉNDICES I Y II*. Retrieved from <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/12/prop/S12-P16.pdf>
- CITES. (2002b). *INFORMACION ADICIONAL A LA PROPUESTA 12.16 DE TRANSFERENCIA DE LA LORA NUCA-AMARILLA (*Amazona auropalliata*) DEL APÉNDICE II AL APÉNDICE I (Costa Rica)*. Santiago, Chile. Retrieved from <https://www.cites.org/sites/default/files/esp/cop/12/inf/S12i-28.PDF>
- CITES. (2017). Apéndices | CITES. Retrieved March 3, 2019, from <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>
- COLORES. (n.d.). *Creación de una coalición y capacidad técnica en apoyo de la Conservación de loro nuca amarilla en la costa sur de Guatemala*. Guatemala.
- CONAP. (2009). *Lista de Especies Amenazadas*. Guatemala. Retrieved from [http://www.conap.gob.gt/Documentos/MBVS/Lista de Especies Amenazadas_LEA.pdf](http://www.conap.gob.gt/Documentos/MBVS/Lista_de_Especies_Amenazadas_LEA.pdf)
- CONAP. POLÍTICA NACIONAL DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA, Pub. L. No. Políticas, Programas y Proyectos No.13 (01-2011), 41 (2011). Retrieved from <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/422.pdf>
- CONAP. (2018). CHM Guatemala. Mecanismo de intercambio de información sobre Diversidad Biológica. Retrieved May 13, 2019, from <http://www.chmguatemala.gob.gt/theme/especies-amenazadas/99-aqui-te-dejamos-una-lista-de-plantas-y-animales-en-peligro-de-extincion-en-guatemala>
- CONAP, & WCS. (2018). *Monitoreo de la Gobernabilidad en la Reserva de la*

Biósfera Maya, actualización al año 2017. Retrieved from http://www.conap.gob.gt/images/slide/GOVERNABILIDAD_20180906.pdf

Cracraft, J. (2001). Avian evolution, Gondwana biogeography and the Cretaceous–Tertiary mass extinction event. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1466), 459–469. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1368>

Cruz-Cárdenas, G., Villaseñor, J. L., López-Mata, L., Martínez-Meyer, E., & Ortiz, E. (2014). SELECTION OF ENVIRONMENTAL PREDICTORS FOR SPECIES DISTRIBUTION MODELING IN MAXENT. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 20(2), 187–201.

Dávila Pérez, C. V., López Roulet, A. A., & García Vettorazzi, M. J. (2014). *Utilidad de la biodiversidad como indicador de sostenibilidad para la evaluación de la calidad ambiental de la Costa Este del Pacífico de Guatemala.* Guatemala. Retrieved from <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2013-20.pdf>

de Kloet, R. S., & de Kloet, S. R. (2005). The evolution of the spindlin gene in birds: Sequence analysis of an intron of the spindlin W and Z gene reveals four major divisions of the Psittaciformes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 36(3), 706–721. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.03.013>

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>

EPIQ. (2002). *Análisis de la Biodiversidad en Guatemala.* Guatemala.

Fagan, J., & Komar, O. (2016). *Peterson. Field Guide to Birds of Northern Central America.* Peterson Field Guides.

FDN. (2019). Alzando el vuelo: un sueño para la Guacamaya Roja - Defensores de la Naturaleza. Retrieved October 7, 2019, from <https://defensores.org.gt/noticias/alzando-el-vuelo/>

- Fick, S. E., & Hijmans, R. S. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. Retrieved March 4, 2019, from <http://worldclim.org/version2>
- Forshaw, J. M. (2006). *Parrots of the world: an identification guide*. Princeton University Press.
- Fourcade, Y., Engler, J. O., Rödder, D., & Secondi, J. (2014). Mapping Species Distributions with MAXENT Using a Geographically Biased Sample of Presence Data: A Performance Assessment of Methods for Correcting Sampling Bias. *PLoS ONE*, 9(5), e97122. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097122>
- Galindo Vásquez, M. A. (2017). *Informe Final Proyecto COLORES*. Guatemala.
- Galindo Vásquez, M. A., Mucio, C., & Joyner, L. (2018). *INFORME FINAL 2018 PROYECTO COLORES*. Guatemala.
- García-Anleu, R., & Guerra Corado, L. (2019). *Scarlet Macaw Monitoring in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. Area*.
- García Anleu, R. A. (2019). *Programa de Monitoreo y Manejo de Biodiversidad de WCS Guatemala*. Flores, Petén.
- García, R., Ramos, V. H., McNab, R. B., Ponce, G., Brightsmith, D., & Clum, N. (2008). WCS SCARLET MACAW CONSERVATION PROGRAM AND MONITORING SITES. In *The Scarlet Macaw in Guatemala and El Salvador: 2008 Status and Future Possibilities* (pp. 49–64). Guatemala. Retrieved from https://www.arcasguatemala.org/wp-content/uploads/Arcas_pub_ScarletMacaw_2008.pdf
- GCI. (2018a). *Estrategia Nacional para la Reducción de la Deforestación y la Degradación de Bosques en Guatemala bajo el Mecanismo REDD+*. Guatemala. Retrieved from <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/10060.pdf>
- GCI. (2018b). *Evaluación preliminar de los factores causantes del uso de la tierra, causas y agentes de deforestación y degradación de bosques en Guatemala. Estrategia Nacional de Reducción de la Deforestación y Degradación de*

- Bosques en Guatemala (ENDDBG) bajo el meca*. Guatemala: BID y FCPF. Retrieved from <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/10094.pdf>
- Giovanelli, J. G. R., Haddad, C. F. B., & Alexandrino, J. (2008). Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions*, 10(5), 585–590. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9154-5>
- GSF. (2001). *Boletín Informativo No.1*. Guatemala. Retrieved from https://www.arcasguatemala.org/wp-content/uploads/Arcas_pub_MacawsSin2001.pdf
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993–1009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>
- IARNA, URL, & IIA. (2006). *Perfil Ambiental de Guatemala: Tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*. Guatemala. Retrieved from <http://www.incidencia.org.gt>
- Ilodli-Rangel, P., & Escalante, T. (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía* 3, 7–12. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/286336295_De_los_modelos_de_nicho_ecologico_a_las_areas_de_distribucion_geografica
- INAB. (2017). *Informe nacional de incendios forestales. Periodo del Oct. 2016 a Sep. 2017*. Guatemala. Retrieved from <http://www.sifgua.org.gt/Documentos/Incendios/Informes/Informe año 2017.pdf>
- INAB, & CONAP. (2015). Cobertura forestal por tipo y subtipo de bosque para la República de Guatemala 2012. Guatemala: Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- INAB, & CONAP. (2019). Cobertura Forestal de la República de Guatemala del año 2016. Guatemala: Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

ITIS. (2019a). ITIS Standard Report Page: *Amazona auropalliata*. Retrieved April 23, 2019, from https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=554927#null

ITIS. (2019b). ITIS Standard Report Page: *Ara macao*. Retrieved April 23, 2019, from https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=177665#null

Joseph, L., Toon, A., Schirtzinger, E. E., Wright, T. F., & Schodde, R. (2012). A revised nomenclature and classification for family-group taxa of parrots (Psittaciformes). *Zootaxa*, 3205, 26–40. Retrieved from www.mapress.com/zootaxa/

Juniper, T., & Parr, M. (2010). *Parrots: a guide to parrots of the world*. London: Christopher Helm Publishers. Retrieved from <https://books.google.com.gt/books?id=kqYmmbZXIOkC&pg=PA15&dq=psittacidae&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjL54ryy93hAhVLwVkkHdIHDeY4ChDoAQhkMAk#v=onepage&q=psittacidae&f=true>

Kramer-Schadt, S., Niedballa, J., Pilgrim, J. D., Schröder, B., Lindenborn, J., Reinfelder, V., ... Wilting, A. (2013). The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distributions*, 19(11), 1366–1379. <https://doi.org/10.1111/ddi.12096>

Lezama-López, M. (2008). *PROPOSAL FOR MAKING AN NDF BASED ON A PSITTACIDAE RECOVERY PROGRAM FOR NICARAGUA: THE AMAZONA AUROPALLIATA CASE*. Nicaragua. Retrieved from https://cites.org/sites/default/files/ndf_material/WG6_CS2.pdf

Lousada, S. A., & Howell, S. N. G. (1996). Distribution, variation, and conservation of Yellow-headed Parrots in northern Central America. In *COTINGA* (pp. 46–53). Retrieved from <http://www.neotropicalbirdclub.org/wp-content/uploads/2014/12/Cotinga-05-1996-46-53.pdf>

- MAGA, MARN, INAB, CONAP, IGN, FAUSAC, & UVG. (2014). Mapa de Bosques y Uso de la Tierra República de Guatemala. Guatemala: Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAGA; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN; Instituto Nacional de Bosques -INAB; Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP; Instituto Geográfico Nacional -IGN; Facultad de Agronomía USAC -FAUSAC; y Univ.
- Marín-Togo, M. C., Monterrubio-Rico, T. C., Renton, K., Rubio-Rocha, Y., Macías-Caballero, C., Ortega-Rodríguez, J. M., & Cancino-Murillo, R. (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. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0193-y>
- MARN. (2017). *Informe Ambiental del estado de Guatemala 2016*. Guatemala. Retrieved from <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/8879.pdf>
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217–240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Mayr, G. (2009). *Paleogene fossil birds*. Germany: Springer Science & Business Media. Retrieved from https://books.google.com.gt/books?id=P_TB72RBLLMC&pg=PA177&dq=psittaciformes&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjI66jay93hAhXmqFkKHdIxDoIQ6AEIJzAA#v=onepage&q=psittaciformes&f=false
- Mendoza-Cruz, E., Sánchez-Gutiérrez, F., & Valdez-Hernández, J. I. (2017). *Actividad de la guacamaya escarlata Ara macao cyanoptera (Psittaciformes: Psittacidae) y características estructurales de su hábitat en Marqués de Comillas, Chiapas. Acta zoológica mexicana (Vol. 33)*. Xalapa: Instituto de Ecología. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372017000200169&script=sci_arttext&tIng=en
- Monterrubio-Rico, T. C., Charre-Medellín, J. F., Pacheco-Figueroa, C., Arriaga-Weiss, S., Valdez-Leal, J. de D., Cancino-Murillo, R., ... Rubio-Rocha, Y.

- (2016). Distribución potencial histórica y contemporánea de la familia Psittacidae en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 1103–1117. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.004>
- Moreno Velázquez, J. S. (2010). *Aves dispersoras de semillas en un remanente de bosque seco tropical en la finca Betanci-Guacamayas (Córdoba)*.
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Ortega-Huerta, M. A., & Peterson, A. T. (2008). Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(1), 205–216. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42579117www.redalyc.org>
- Peña, J., Bonet, A., Pastor Llorca, E., Terrones, B., & Constán-Nava, S. (2008). Los Sistemas de Información Geográfica y la Ecología Espacial. | Request PDF. In *Introducción al Análisis Espacial de Datos en Ecología y Ciencias Ambientales: Métodos y Aplicaciones* (pp. 495–540). España: Asociación Española de Ecología Terrestre, Universidad Rey Juan Carlos y Caja de Ahorros del Mediterráneo. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/255978529_Los_Sistemas_de_Informacion_Geografica_y_la_Ecologia_Espacial
- Pérez Pérez, E. S. (1998). *Evaluación del hábitat disponible para la Guacamaya roja (Ara macao) en Petén, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_1870.pdf
- Peterson, R. T., & Chalif, E. L. (1999). *A field guide to Mexican birds: Mexico, Guatemala, Belize, El Salvador*. United States of America: Houghton Mifflin. Retrieved from <https://books.google.com.gt/books?id=LLU8tgLU1uMC&pg=PA72&dq=psittacidae&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjBrlJy93hAhVuqlkKHdEAAzMQ6AEIWjAJ#v>

=onepage&q=psittacidae&f=true

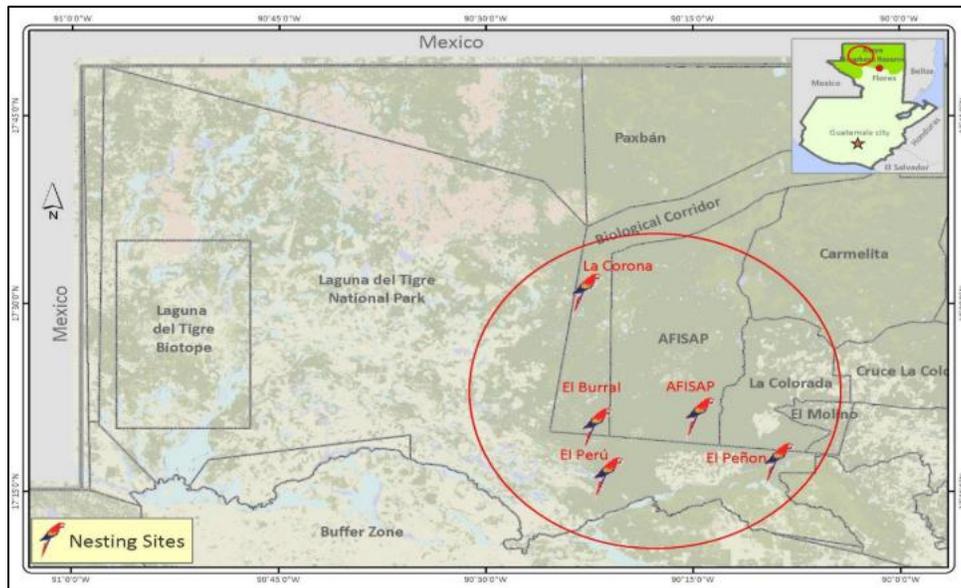
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., & Schapire, R. E. (n.d.). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Retrieved from http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(1), 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- Portillo-Reyes, H. O. (2015). Distribución potencial y estado de conservación de la Guara Roja (*Ara macao cyanoptera* Linnaeus 1758) en la Moskitia Hondureña. *Zeledonia*, 19(2), 54–63. Retrieved from <http://www.zeledonia.com/uploads/7/0/1/0/70104897/19-2-010-portillo-reyes.pdf>
- Portillo Reyes, H. O., Elvir, F., Manzanares, T., & Martínez, M. (2018). La Guara Verde (*Ara ambiguus*) en Honduras: notas sobre su distribución, hábitat y amenazas. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 19(1), 120–130. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.1.317>
- Radachowsky, J. (2002). *Reporte Anual 2002. Componente de Guacamayas. MONITOREO DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAYA, PETÉN, GUATEMALA*. Petén, Guatemala.
- Rob Martin (BirdLife International), TNC-Wings, 1999; NatureServe, 2002. (2007). *Ara macao*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 6.2. <https://www.iucnredlist.org>. Descargado el 23 de septiembre, 2019
- Rodríguez Castillo, A. M. (2004). *Ecología de nidificación de Amazona auropalliata auropalliata (Psittaciformes: Psittacidae) en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. Retrieved from <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2459/1/24117.pdf>
- Sánchez-Méndez, W. D., Cedeño-Vásquez, R., Weissenberger, H., & González-

- Solis, D. (2016). *Distribución e idoneidad del hábitat de *Crocodylus acutus*, *Crocodylus moreletii* y cocodrilos híbridos en Quintana Roo, México. Distribución e idoneidad del hábitat de *Crocodylus acutus*, *Crocodylus moreletii* y cocodrilos híbridos en Quintana Roo, México*. El Colegio de la Frontera Sur. Retrieved from http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/VGV6PIK3RASRTPREYQ6FKHLB62Y3HP.pdf
- Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Revista Ecosistemas*, 15(2). <https://doi.org/10.7818/RE.2014.15-2.00>
- Schmidt, K. (2013). Spatial and Temporal Patterns of Genetic Variation in Scarlet Macaws: Implications for Population Management in La Selva Maya, Central America. <https://doi.org/10.7916/D8223243>
- Schodde, R., Remsen, J. V., Schirtzinger, E. E., Joseph, L., & Wright, T. F. (2013). Higher classification of New World parrots (Psittaciformes; Arinae), with diagnoses of tribes. *Zootaxa*, 3691(5), 591–596. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3691.5.5>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2011). *Plan de Desarrollo Integral del Pacífico*. Guatemala.
- Segeplan. (2013). *Diagnóstico Territorial de Petén. Tomo I*. Petén, Guatemala. Retrieved from https://www.segeplan.gob.gt/downloads/PDI_Petén_2032_Diagnóstico.pdf
- SEMARNAT. (2009). *PROGRAMA DE ACCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE*. México, D.F. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/251940/PACE_Guacamaya_Roja_2009.pdf
- Sierra-Morales, P., Almazán-Núñez, C. R., Beltrán-Sánchez, E., Ríos-Muñoz, C. A., & Del Coro Arizmendi, M. (2016). Distribución geográfica y hábitat de la familia Trochilidae (Aves) en el estado de Guerrero, México. *Revista de Biología*

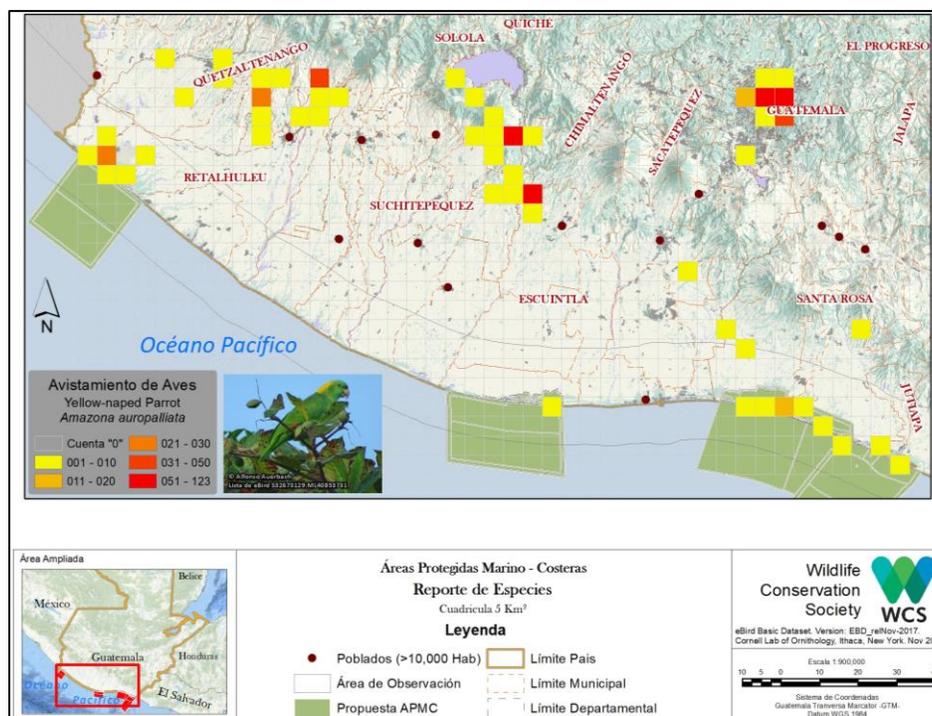
- Tropical*, 64(1), 363–376. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Almazan-Nunez/publication/301302210_Distribucion_geografica_y_habitat_de_la_familia_Trochilidae_Aves_en_el_estado_de_Guerrero_Mexico/links/5711522308aebe07c02437b/Distribucion-geografica-y-habitat-de-la-familia
- Soberón, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(2), 19644–19650. Retrieved from www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0901637106
- Tella, J. L., Dénes, F. V., Zúñiga, V., Prestes, N. P., Martínez, J., Blanco, G., & Hiraldo, F. (2016). Endangered plant-parrot mutualisms: Seed tolerance to predation makes parrots pervasive dispersers of the Parana pine. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep31709>
- U.S. Fish & Wildlife Service. (2019). *Scarlet Macaw Receives Endangered Species Act Protections*. Retrieved from <https://www.fws.gov/endangered/what->
- UICN. (2008). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. (2nd ed.). Gland, Suiza & Cambridge, Reino Unido. Retrieved from www.iucn.org/publications
- UNIATMOS. (2019). Atlas climático digital de México. Retrieved September 22, 2019, from http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/Docs/f_bioclimaticos.html
- van Schaik, C. P., Terborgh, J. W., & Wright, J. S. (1993). THE PHENOLOGY OF TROPICAL FORESTS: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24, 353–377. Retrieved from https://www.ltrr.arizona.edu/webhome/jburns/Articles_Read/01cc99331500501c36b19&0.pdf
- WCS. (n.d.). Annex 1 . Draft list of Plants reported as food for the Scarlet Macaws in the Maya Forest. Where do the scarlet macaws go? Migration routes and feeding phenology in the Maya Forest. Guatemala: WCS-Progress report to the Coypu Foundation.

- Wiedenfeld, D. A. (1994). A new subspecies of Scarlet Macaw and its status and conservation. *Ornitología Neotropical*, 5, 99–104. Retrieved from <http://www.avibirds.com/pdfsu/G/Geelvleugelara3.pdf>
- WWF. (2018). *Informe Planeta Vivo 2018. RESUMEN PARA MEDIOS DE COMUNICACIÓN*. Retrieved from https://d2qv5f444n933g.cloudfront.net/downloads/informe_planeta_vivo_2018_embargo_oct_30_resumen_esp.pdf
- Zurita, G. A., & Bellocq, Y. M. I. (2007). *PÉRDIDA Y FRAGMENTACIÓN DE LA SELVA PARANAENSE: EFECTOS SOBRE LAS AVES RAPACES DIURNAS. Hornero* (Vol. 22). Retrieved from https://digital.bl.fcen.uba.ar/download/hornero/hornero_v022_n02_p141.pdf

13. ANEXOS



Anexo 1. Mapa del área con mayor densidad de nidos de *Ara macao cyanoptera* en la Reserva de la Biósfera Maya, Guatemala. Fuente: García-Anleu & Guerra Corado, 2019.



Anexo 2. Mapa de la densidad de avistamientos de *Amazona auropalliata* en Guatemala, mediante el portal de eBird. Fuente: WCS, 2018.

Anexo 3. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial de Guacamaya roja en Guatemala, en relación con la capa de cobertura de bosque (2016)

COBERTURA DE BOSQUE	4.11-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
No bosque/ Pérdida/ Agua	279,173.30	47,529.50	16,677.02	8,838.82	352,218.64
Bosque/ Ganancia	159,765.84	49,280.59	23,931.52	23,097.7	256,075.63

Anexo 4. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial de la Guacamaya roja en Guatemala, en relación con la capa de tipo y subtipo de bosque 2012

USO DEL SUELO	4.11-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Bosque latifoliado	188,700.5	57,452.33	28,267.55	25,098.9	299,519.26
Humedales	17,510.87	5,753.57	2,668.32	1,584.32	27,517.08
No bosque	219,803.1	30,935.87	7,671.43	3,668.94	262,079.36
Plantaciones forestales	2,584.94	0	0	0	2,584.94
Bosque de galería latifoliado	1,167.39	750.47	500.31	917.24	3,335.40

Anexo 5. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial de la Guacamaya roja en Guatemala, en relación con la capa de bosques y uso de la tierra

USO DEL SUELO	4.11-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Tejido urbano continuo	917.24	83.39	0	0	1,000.62
Lotificaciones	83.39	0	0	0	83.39
Áreas turísticas y arqueológicas	250.16	0	0	0	250.16
Granos básicos (maíz y frijol)	10,256.37	1,751.09	166.77	0	12,174.22

USO DEL SUELO	4.11-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Arroz	250.16	0	0	0	250.16
Pasto cultivado	148,675.63	12,674.53	1,334.16	0	162,684.32
Pasto natural	27,100.16	9,339	1,584	166.77	38,190.37
Bosque latifoliado	189,617.71	52,699.38	29,768	29,685.09	301,770.66
Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	38,357.14	14,342	4,670	500.31	57,869.26
Rocoso o lavas	83.39	0	0	0	83.39
Zonas inundables	14,092.08	4,836.34	2,418.17	1,500.93	22,847.52
Humedal con vegetación	750.47	0	0	0	750.47
Humedal con bosque	833.85	0	0	0	833.85
Papaya	166.77	0	0	0	166.77
Plantación de latifoliada	1,834.47	0	0	0	1,834.47

Anexo 6. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial de Loro nuca amarilla en Guatemala, en relación a la capa de cobertura de bosque (2016)

COBERTURA DE BOSQUE	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
No bosque/ Pérdida/ Agua	583,695.67	142,671.90	53,866.77	29,935.25	810,169.59
Bosque/ Ganancia	84,052.18	38,523.91	12,090.84	0.00	134,666.93

Anexo 7. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala, en relación con la capa de tipo y subtipo de bosque 2012

USO DEL SUELO	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
No bosque	552,092.72	129,497.05	45,611.65	25,265.68	752,467.10
Bosque latifoliado	46,695.65	20,345.96	10,256.37	2,918.48	80,216.46

USO DEL SUELO	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Hule	23,514.60	19,011.80	6,337.27	750.47	49,614.13
Bosque mixto	6,920.96	2,334.78	166.77	0	9,422.52
Humedales	1,917.86	2,001.24	1,334.16	0	5,253.26
Plantaciones forestales	3,168.63	1,167.39	500.31	83.39	4,919.72
Árboles dispersos	4,002.48	333.54	83.39	0	4,419.41
Bosque seco	4,002.48	0	0	0	4,002.48
Bosque de galería latifoliado	2,751.71	1,000.62	83.39	83.39	3,919.10
Bosque de mangle blanco	3,168.63	166.77	83.39	0	3,418.79
Bosque de mangle rojo	2,668.32	416.93	0	0	3,085.25
Bosque de coníferas	667.08	0	0	0	667.08
Bosque de mangle negro	416.93	0	0	0	416.93
Bosque de mangle botoncillo	83.39	0	0	0	83.39

Anexo 8. Cantidad de hectáreas por rango de la distribución potencial del Loro nuca amarilla en Guatemala, en relación con la capa de bosques y uso de la tierra

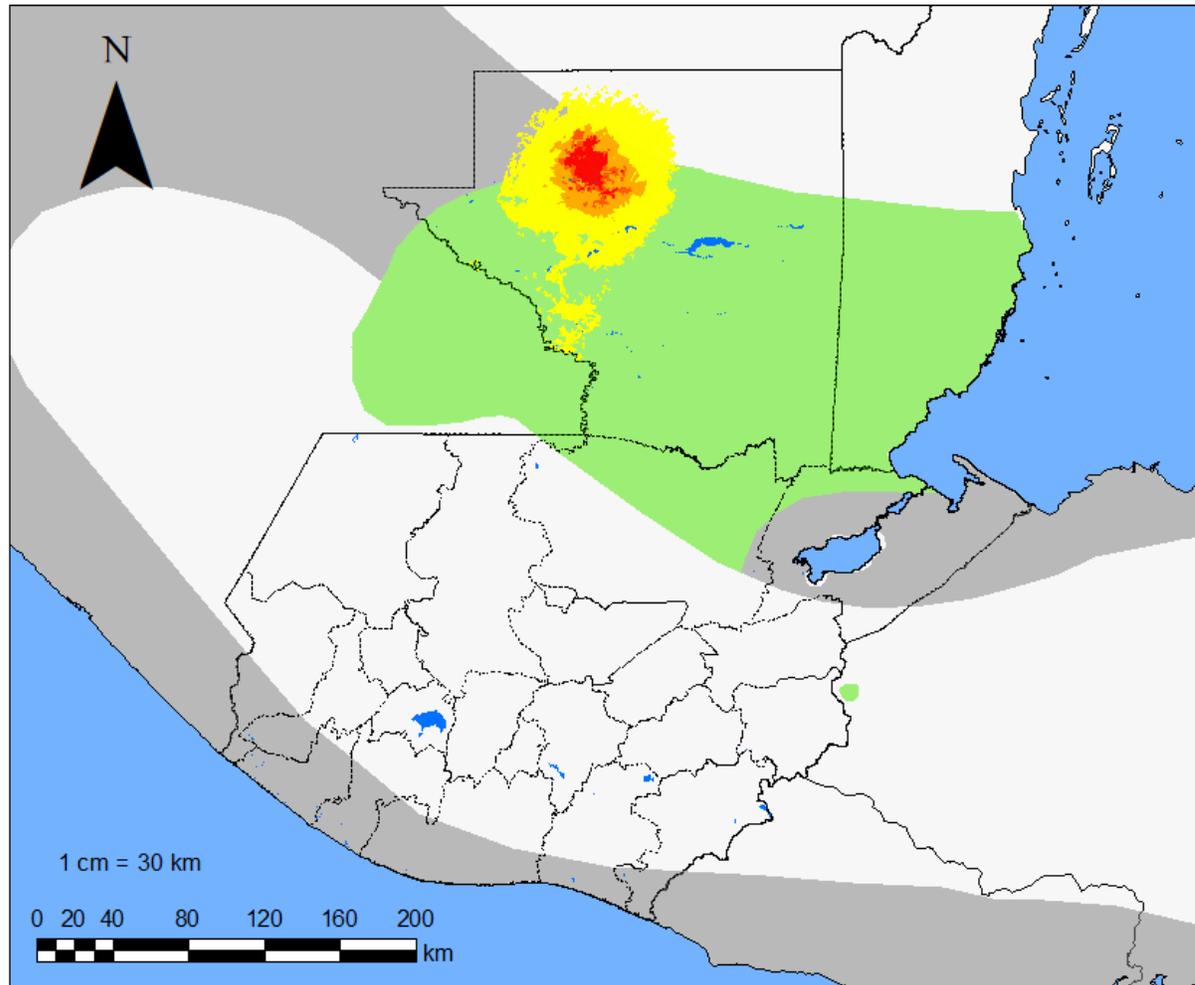
USO DEL SUELO	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Café	100,228.89	53,950.16	26,599.85	13,841.93	194,620.81
Caña de azúcar	150,760.25	23,931.52	6,670.81	4,002.49	185,365.07
Pasto cultivado	92,974.38	14,592.39	2,501.55	83.39	110,151.71
Bosque latifoliado	48,780.28	15,009.32	4,502.80	1,500.93	69,793.33
Hule	27,183.54	28,517.70	10,840.06	1,500.93	68,042.24
Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	47,863.04	7,337.89	2,001.24	333.54	57,535.72
Granos básicos (maíz y frijol)	47,612.89	5,753.57	1,751.09	500.31	55,617.86

USO DEL SUELO	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Pasto natural	49,113.82	3,252.02	583.70	0	52,949.54
Tejido urbano continuo	7,254.50	3,835.71	1,500.93	3,919.10	16,510.25
Banano-Plátano	11,924.07	166.77	250.16	83.39	12,424.38
Zonas inundables	2,918.48	5,586.80	2,334.78	0	10,840.06
Huerto	5,836.96	4,252.64	583.70	83.39	10,756.68
Palma africana	9,088.98	750.47	250.16	250.16	10,339.75
Playas, dunas o arenales	6,587.42	1,834.47	500.31	1,167.39	10,089.60
Bosque de mangle	6,003.73	917.24	83.39	0	7,004.35
Café y banano	5,169.88	166.77	500.31	667.08	6,504.04
Rocoso o lavas	5,420.03	166.77	166.77	0	5,753.57
Plantación de latifoliadas	2,835.09	833.85	1,834.47	166.77	5,670.19
Lotificaciones	2,751.71	1,584.32	83.39	500.31	4,919.72
Mango	4,419.41	333.54	0	0	4,752.95
Otras hortalizas (papa, cebolla, repollo, zanahoria, lechuga, etc.)	4,169.25	250.16	0	0	4,419.41
Arroz	2,668.32	1,500.93	83.39	0	4,252.64
Cítricos	2,584.94	833.85	250.16	0	3,668.94
Macadamia	750.47	1,584.32	583.70	250.16	3,168.63
Bosque de coníferas	2,918.48	0	0	0	2,918.48
Bosque mixto	1,834.47	0	0	0	1,834.47
Piña	1,417.55	83.39	166.77	0	1,667.70
Sandía	1,334.16	0	0	0	1,334.16
Agroindustria	833.85	333.54	83.39	0	1,250.78
Pradera pantanosa	1,250.78	0	0	0	1,250.78

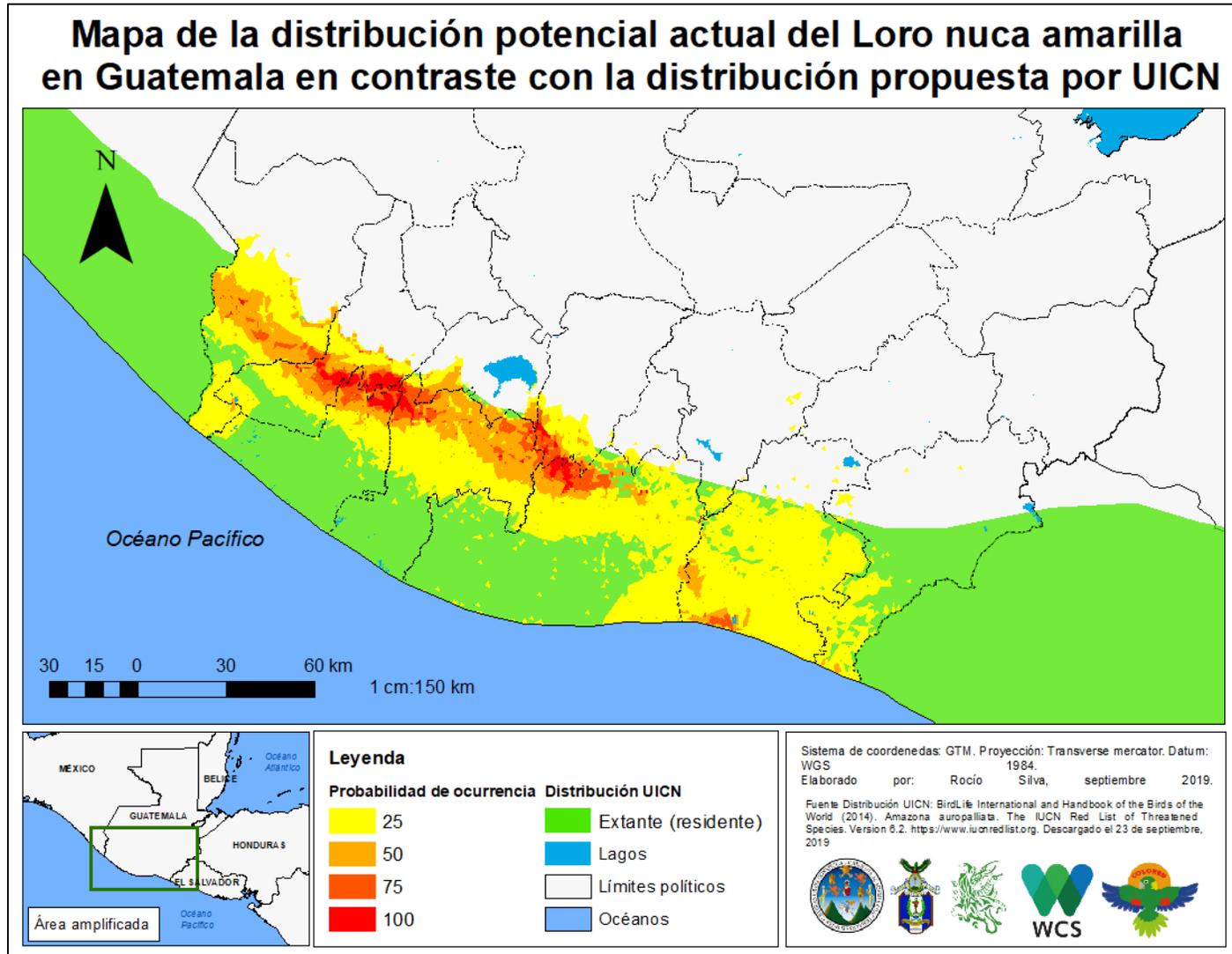
USO DEL SUELO	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Instalación deportiva y recreativa	583.70	416.93	83.39	83.39	1,167.39
Producción hidrobiológica (camaroneras, piscícolas)	833.85	166.77	0	0	1,000.62
Plantación de conífera	833.85	83.39	83.39	0	1,000.62
Salinas	833.85	83.39	0	0	917.24
Aguacate	500.31	83.39	250.16	83.39	917.24
Complejo industrial	583.70	0	83.39	166.77	833.85
Mashán	250.16	333.54	83.39	0	667.08
Pashte	416.93	83.39	0	0	500.31
Mosaico de cultivos	0.00	333.54	83.39	0	416.93
Árboles dispersos	333.54	0	0	83.39	416.93
Cacao	83.39	250.16	0	83.39	416.93
Zona quemada	166.77	83.39	0	0	250.16
Cementerio	83.39	83.39	0	83.39	250.16
Otros comercios y servicios	0	83.39	0	166.77	250.16
Otros cultivos permanentes arbóreos	83.39	166.77	0	0	250.16
Cardamomo	250.16	0	0	0	250.16
Pista de aterrizaje	83.39	0	83.39	0	166.77
Áreas turísticas, arqueológicas	83.39	0	0	0	83.39
Melón	83.39	0	0	0	83.39
Tabaco	83.39	0	0	0	83.39
Vivero	83.39	0	0	0	83.39
Espacio con vegetación escasa (tierras desnudas y degradadas)	83.39	0	0	0	83.39
Beneficios	83.39	0	0	0	83.39

USO DEL SUELO	5-25 Área (ha)	25-50 Área (ha)	50-75 Área (ha)	75-100 Área (ha)	SUMA Área (ha)
Centro comercial	0	83.39	0	0	83.39
Zoológicos	0	83.39	0	0	83.39
Frutales deciduos	83.39	0	0	0	83.39
Café y cardamomo	83.39	0	0	0	83.39
Café y macadamia	0	0	83.39	0	83.39
Rambután	0	0	83.39	0	83.39

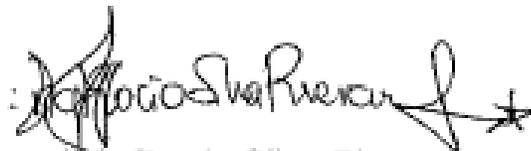
Mapa de la distribución potencial actual de la Guacamaya roja en Guatemala en contraste con la distribución propuesta por UICN



Anexo 9. Mapa de la distribución actual y distribución propuesta por UICN de la Guacamaya roja en Guatemala



Anexo 10. Mapa de la distribución actual y distribución propuesta por UICN de la Guacamaya roja en Guatemala



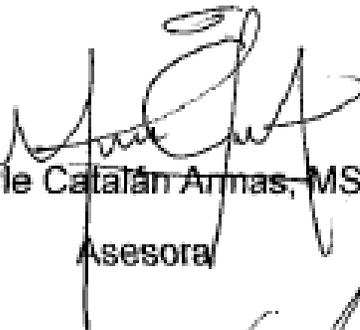
Aña Rocío Silva Rivera

Tesista



Rony Alberto García Anleu, MSc.

Asesor



Sara Michelle Catalán Armas, MSc. M.A.

Asesora



Jorge Erwin López Gutiérrez, PhD.

Revisor



Sergio Alejandro Melgar Valladares, PhD.

Director



Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.

Decano