

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE LA REINTRODUCCIÓN COMO  
HERRAMIENTA DE CONSERVACIÓN PARA LA VIDA  
SILVESTRE: CASO DE LA LAPA ROJA (*Ara macao*) EN EL  
SURESTE DE LA PENÍNSULA DE NICOYA, PUNTARENAS,  
COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de  
Estudios de Posgrado en Biología para optar al grado y título de  
Maestría Académica en Biología

VERNUN EDUARDO ARIAS VEGA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2020

## **Dedicatoria**

Al pasado que me dio la oportunidad de ser una persona preparada y de entender el valor de la superación, mi Madre y mi Padre, María Elena Vega Solano y Luis Guillermo Arias Rivera; y al futuro al cuál ofrezco lo mejor de mí para que puedan seguir disfrutando de un planeta como en el que tuve la oportunidad de vivir, Mi hija, Rebeca María Arias Garro.

“Que la Tierra se vaya haciendo Camino ante tus Pasos

Que el Viento sople siempre a tus Espaldas

Que el Sol brille cálido sobre tu Cara

Que la Lluvia caiga suavemente sobre tus Campos

Y, hasta tanto volvamos a encontrarnos

Que DIOS Te guarde en la Palma de sus Manos”

Antigua Despedida de Peregrinos

A mi Padre

## **Agradecimientos**

Ha sido un largo camino, acompañado de diversos actores y oportunidades, que me han demostrado que la solidaridad y el esfuerzo personal siempre están disponibles para aquellos que desean mirar hacia adelante.

Un inmenso agradecimiento en primer lugar a DIOS y mi Familia, fuente permanente de energía en mi diario vivir.

Un reconocimiento a la Universidad de Costa Rica, y en especial a la Escuela de Biología y su Programa de Posgrado, por ese excelente y profesional equipo humano que por tanto tiempo ha sido y será cuna formadora de aquellos que distinguen a nuestro país.

Un reconocimiento muy especial al Dr. Gustavo Gutiérrez Espeleta, quién creyó en mi meta, y a los asesores MSc. Marco Retana López y MSc. Otto Monge Solano por su incondicional apoyo y aportes a la culminación de esta investigación; como mi Comité Asesor.

Un reconocimiento especial al Dr. Ricardo Alvarado Barrantes, Profesor de la Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica, al Dr. Mauricio Vega-Araya, Ingeniero Forestal, del Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional y al MSc. Johnny Villareal Orias de la Universidad Estatal a Distancia por su incondicional apoyo y aportes a la culminación de esta investigación.

Un agradecimiento a la Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA y los representantes de su Junta Directiva, en especial al Sr. Guillermo Barceló Tous y al Sr. Rolando Badilla Astúa, quienes por tanto tiempo me han dado la confianza de crecer como trabajador y profesional, y la oportunidad y respaldo para desarrollar mi investigación de tesis.

Un agradecimiento a los residentes, y valiosas personas de la Península de Nicoya identificadas con la importancia de la protección y preservación de los recursos naturales; para quienes espero que esta investigación, ayude a posicionarlos como un sitio de interés ambiental con la tercera población más abundante de la especie *A. macao* en vida libre en el país.

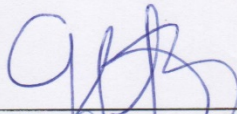
Un agradecimiento a la Sra. Angie Sánchez Núñez, Coordinadora Nacional del Programa de Vida Silvestre y los personeros de las Oficinas Sub Regionales de Hojancha, Jicaral y Cóbano del Área de Conservación Peninsular, del Sistema de Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) por sus valiosos aportes a lo largo del desarrollo de esta investigación.

Debo agradecer también al Dr. Dennis Janik, Director Ejecutivo, y a la MSc. María Villalobos Calderón, Regente de Vida Silvestre del Centro de Reproducción de Animales en Vías de Extinción (Zooave). Al Dr. Sam Williams, Director Ejecutivo, y al MSc. Sandy Salas Leal, Regente de Vida Silvestre de la Asociación Red de Recuperación de Guacamayas (Macaw Recovery Network), y a

todo su equipo profesional. Al MSc. Ismael Carranza Ortíz, Regente de Vida Silvestre del Zoológico de Pinilla (Macaw Project Blue Zone Nicoya). A la MSc. Ana María Torres Mejía, Directora Ejecutiva del Proyecto de Reforzamiento Biológico de Lapa Roja (Asomacao). Sitios de Manejo de Vida Silvestre que abrieron sus puertas a la presente investigación, y me permitieron conocer y utilizar los resultados de sus proyectos en la presente investigación de tesis.

Y a muchas otras personas, que dejaron plasmado su aporte en este documento, Muchas gracias.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Biología de la Universidad de la Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Biología



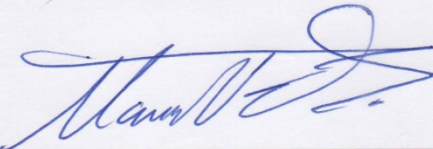
---

Dr. Gilberth Alvarado Barboza  
**Representante del Sistema de  
Estudios de Posgrado**



---

Ph.D. Gustavo Gutiérrez Espeleta  
**Director de Tesis**



---

M.Sc. Marco Vinicio Retana López  
**Asesor**



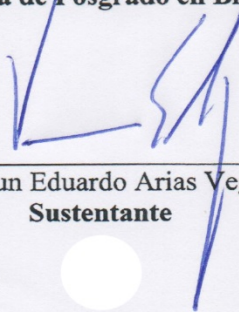
---

M.Sc. Otto Monge Solano  
**Asesor**



---

Dr. Luis A. Sandoval Vargas  
**Representante de Director Del  
Programa de Posgrado en Biología**



---

Vernun Eduardo Arias Vega  
**Sustentante**

# Índice

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Hoja de Aprobación	v
Índice	vi
Lista de tablas	viii
Lista de figuras	x
Descripción de la especie	1
Justificación	2
Referencias	2
Objetivos	5
ARTÍCULO I: ESTIMACIONES DE UNA POBLACIÓN REINTRODUCIDA DE LAPA ROJA ( <i>Ara macao</i> ) EN EL SURESTE DE LA PENÍNSULA DE NICOYA, PUNTARENAS, COSTA RICA	6
Resumen	7
Introducción	8
Materiales y Métodos	11
Descripción del sitio	11
Análisis de Datos	15
Resultados	16
Discusión	23
Conclusiones	25
Referencias	26
Anexos	31
ARTÍCULO II: CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LA POBLACIÓN DE LAPA ROJA ( <i>Ara macao</i> ) EN EL SURESTE DE LA PENÍNSULA DE NICOYA, PUNTARENAS, COSTA RICA	34
Resumen	35
Introducción	36
Materiales y Métodos	38
Análisis de Datos	39
Resultados	42
Discusión	46
Conclusiones	47
Referencias	48
ARTÍCULO III: EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA EN LA REINTRODUCCIÓN DE LA ESPECIE <i>Ara macao</i> (Orden Psittaciformes: Familia Psittacidae) EN EL SURESTE DE LA PENÍNSULA DE NICOYA, PUNTARENAS, COSTA RICA	54
Resumen	55
Introducción	53
Materiales y Métodos	58
Análisis de Datos	58
Resultados	59

Discusión	.....	61
Conclusiones	.....	62
Referencias	.....	63
Anexos	.....	68

## Lista de Tablas

### *Artículo 1*

<b>Tabla 1.</b> Abundancia Relativa Porcentual de Individuos de <i>A. macao</i> , basado en el Método de Conteo por Puntos Mensual (diciembre 2018 a mayo 2019) y el Método de Conteo por Puntos Simultáneo (29 de junio 2020), en dos periodos del día. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica 2019. ....	16
---	----

### Anexos

<b>Tabla 1.</b> Categorización de las Rutas y Puntos de Conteo, dentro del área de estudio para <i>A. macao</i> . En el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica (2019) .....	31
--	----

<b>Tabla 2.</b> Resultados del modelo de conteo inflado por ceros con distribución binomial negativa, del conteo mensual promedio durante el periodo de la mañana para <i>Ara macao</i> eliminando la variable de hábitat (en el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019); estudio realizado al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. ....	32
---	----

### *Artículo 2*

<b>Tabla 1.</b> Resultados de variabilidad genética de acuerdo a siete marcadores microsatélites aplicados a muestras de <i>Ara macao</i> colectadas en marzo del 2017 en ASOPROLAPA (al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica). ....	43
---	----

<b>Tabla 2.</b> Estimación de los modelos estadísticos para determinar la heterocigosidad en la población estudio (n=31) de <i>Ara macao</i> colectadas en marzo 2017 en ASOPROLAPA (al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica). ....	43
--	----

<b>Tabla 3.</b> Estimación de la variación genética basado en frecuencias esperadas para individuos criados en cautiverio de <i>Ara macao</i> en ASOPROLAPA [colectadas en marzo 2017], y silvestres del Pacífico Central y Sur de Costa Rica (Monge et al. 2016). ....	44
---	----



**Tabla 4.** Estimación del índice de fijación ( $F_{st}$ ) entre las poblaciones de *Ara macao*, criados en cautiverio en ASOPROLAPA (colectadas en marzo 2017) y Silvestres (Monge et al. 2016) del Pacífico Central y Sur de Costa Rica. .... 44

**Tabla 5.** Porcentaje de Parentesco por medio del estimador TrioML (Wang2007), entre los 31 Individuos de *A. macao* muestreados en marzo 2017 en ASOPROLAPA (Sureste de la Península de Nicoya Puntarenas, Costa Rica). .... 46

**Tabla 6.** Estimación de los índices de endogamia entre los 31 individuos de *Ara macao* muestreados en marzo 2017, en ASOPROLAPA, al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. .... 46

### **Artículo 3**

#### Anexos

**Tabla 1.** Evaluación para zoocriaderos sin fines de lucro con énfasis en la conservación de Psitácidos, basado en la Guía sobre directrices para reintroducciones y otras translocaciones para fines de conservación (IUCN 2013). .... 68

## Lista de Figuras

### *Artículo 1*

**Figura 1.** Área de Estudio para la Población de *A. macao*, en el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. (diciembre 2018 a junio 2019). ..... 12

**Figura 2.** Distribución de las Rutas y Puntos de conteo, dentro del Área de Estudio para la Población de *A. macao*, en el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. (diciembre 2018 a junio 2019). Según: A) Ruta 1, B) Ruta 2 y C) Ruta 3.

..... 14

**Figura 3.** Mapa de la distribución espacial de *A. macao* sobre las rutas del conteo mensual promedio (A) (diciembre 2018 a mayo 2019) y conteo simultáneo (B) (29 de junio 2019), durante el periodo de la mañana, según zonas de vida. Las estrellas representan los rangos del número de individuos reportados por punto de conteo. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. 18

**Figura 4.** Mapa de la distribución espacial de *A. macao* sobre las rutas del conteo mensual promedio (A) (diciembre 2018 a mayo 2019) y conteo simultáneo (B) (29 de junio 2019), durante el periodo de la mañana, según elevación. Las estrellas representan los rangos del número de individuos reportados por punto de conteo. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

..... 19

**Figura 5.** Relación entre la distancia del punto de inicio (km) y la elevación (m) a partir de las rutas del conteo por puntos mensual promedio (A) (diciembre 2018 a mayo 2019) y del conteo por puntos simultáneo (B) (29 de junio 2019) para *A. macao*. Los puntos rojos representan conteos con cero observaciones. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

..... 20

**Figura 6.** Curvas para las probabilidades estimadas de presencia de *A. macao*, para los conteos mensuales (diciembre 2018 a mayo 2019) en función de la distancia. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. .... 22

<b>Figura 7.</b> Curvas de los conteos mensuales promedios (diciembre 2018 a mayo 2019) sobre la presencia de <i>A. macao</i> , en función de la distancia. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. ....	23
---	----

Anexos

<b>Figura 1.</b> Promedios de elevación para cada zona de vida (bh-T: bosque húmedo tropical, bh-T2: bosque húmedo tropical transición a perhúmedo, bmh-P6: bosque muy húmedo premontano transición a basal), dentro del área de estudio del <i>A. macao</i> , según las rutas del conteo por puntos. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica (2019) .....	32
--	----

<b>Figura 2.</b> Curvas Estimadas de la Abundancia de <i>A. macao</i> en Función de la Distancia (km) para cada uno de los Conteos por Puntos Mensual Promedio (diciembre 2018 a mayo 2019), de acuerdo, a las Categorías de Zona de Vida (bosque húmedo: bh-T y bh-T2, bosque muy húmedo: bmh-P6). Los puntos rojos representan los conteos con cero observaciones. Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. ....	33
--	----

*Artículo 2*

<b>Fig. 1.</b> Estimación de la afinidad genética poblacional para <i>Ara macao</i> , a partir del análisis de estructura entre las muestras de ASOPROLAPA (n=31) [al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica], ante las muestras del Pacífico Central (n=41) y Pacífico Sur (n=55) de Costa Rica. Nota: Cada color representa una población genética hipotética distinta según Evanno et al. 2005. ....	45
--	----



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Vernon Arias Vega, con cédula de identidad 303180137, en mi condición de autor del TFG titulado Evaluación de la Reintroducción como herramienta de conservación para la vida silvestre: Caso de la lapa roja (Ara macao) en el sustrato de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## Descripción de la Especie

La Lapa Roja (*Ara macao*), perteneciente a la Familia Psittacidae (Orden Psittaciformes), es un ave residente del bosque neotropical desde el nivel del mar en bosques costeros, hasta alturas de 1500 msnm en bosques lluviosos (Guedes, 2004; Stiles & Skutch, 1989; Stiles & Skutch, 2007). Se distribuye desde México, por Centroamérica y la región del Amazonas en Suramérica, hasta el norte de Mato Grosso en Brasil (Portillo, 2015; Renton *et al*, 2009; Vaughan *et al*, 2009; Wiedenfeld, 1994). En Costa Rica se hace referencia a dos poblaciones silvestres, representadas en la costa pacífica; una de ellas ubicada en la Península de Osa, con una población conformada entre 800 y 1200 lapas rojas (Dear *et al*, 2010; Vaughan, 2019). La segunda ubicada en el Área de Conservación Pacífico Central, involucrando el Parque Nacional Carara y la Reserva del Manglar Guacalillo conformada por una población entre los 400 y 600 individuos (Garrigues & Dean, 2014; Monge *et al*, 2016; Vaughan *et al*, 2006; Vaughan *et al*, 2009; Vaughan, 2019). Se evidencia la presencia de poblaciones relictas o remanentes aún presentes en el Parque Nacional Palo Verde / Barra Honda, el Área de Conservación La Amistad y en la zona norte y noreste de la Vertiente del Caribe (Forbes, 2006; Janzen, 1991). Para la Península de Nicoya se reporta que los últimos avistamientos de lapas rojas silvestres se dieron a finales de los años sesenta (Brightsmith *et al*, 2003).

En cuanto a su reproducción, la lapa roja se caracteriza como especie monógama social, que alcanza su madurez sexual a la edad de cinco años. Su época reproductiva inicia a finales de noviembre cuando se da la búsqueda de nido, hasta finales de mayo o junio cuando logran salir los últimos juveniles (Brightsmith, 2005; Monge *et al*, 2012; Vaughan *et al*, 2009). Estudios en Costa Rica revelan gran afinidad a especies de árboles como *Ceiba pentandra*, *Hura crepitans*, *Schizolobium parahyba* y *Terminalia oblonga* para la construcción de sus nidos en cavidades, entre los 20 y 30 metros de altura (Henn *et al*, 2014; Vaughan *et al*, 2003; Vaughan, 2006). Factores como tiempo de cuidado por parte de la pareja y desarrollo de sus crías, van a depender de la cantidad de crías presentes en el nido (Vigo *et al*, 2011). Los juveniles de lapa roja una vez que dejan el nido, muestran preferencia por un área de actividad de siete hectáreas durante los primeros meses, los adultos realizan movimientos de mayores distancias entre los 8 y 72 km<sup>2</sup> (Estrada, 2014; Forbes 2006), otros estudios indican que su ámbito de hogar se puede definir en un área de 3 km<sup>2</sup> (Varela & Janik, 2008).

Referente a su dieta, estudios en el Pacífico Central de Costa Rica sobre la alimentación reportan la ingesta de semillas, frutas, hojas, flores y corteza de 43 especies de plantas entre las que destacan *Anacardium excelsum*, *Brosimum alicastrum*, *C. pentandra*, *H. crepitans* y *Scheelea rostrata* (Stiles & Skutch, 1989; Vaughan *et al*, 2006). Por ello su presencia en el bosque es un factor determinante para mantener la heterogeneidad vegetal (Janik *et al*, 1999). Sin embargo, la severa

fragmentación de su hábitat y presión al tráfico ilegal de la lapa roja, como en muchas otras especies de psitácidos, han llegado a ubicarla en el apéndice I de CITES (Forbes, 2006; Guittar *et al*, 2009).

### **Justificación**

Entre los años 60 y 80 la cobertura forestal de Costa Rica experimentó una severa disminución (González & Lobo, 1999), debido a la deforestación que cambió el uso del suelo para desarrollar pastoreo de ganado, exponiendo a la especie *A. macao* y el resto de la fauna silvestre a rupturas considerables en la continuidad del bosque y por ende pérdida de su hábitat natural. Sumado a la pérdida de hábitat, la extracción para su comercio ilegal llevó a la especie a casi desaparecer (Cerezo *et al*, 2009; Pérez, 1998; Vaughan, 2011; Vaughan, 2019; Wright *et al*, 2001).

En la Península de Nicoya esta especie fue quedó restringida a un pequeño grupo de 12 a 15 individuos residentes en los Cerros de Rosario y las faldas del Parque Nacional Barra Honda que representan la última población silvestre nativa que alguna vez habitó la totalidad de la Península de Nicoya (Artavia-Durán, 2018). En la actualidad, el cambio de mentalidad y la aceptación de políticas ambientales amigables por parte de los residentes y desarrolladores de la Península de Nicoya, ha permitido una regeneración considerable de la zona de vida disminuyendo la deforestación anual (Calvo-Obando & Ortiz-Malavassi, 2012), y favoreciendo positivamente la estabilidad de esta disminuida población de *Ara macao* (Artavia-Durán, 2018; Monge *et al*, 2016).

Con el trabajo de la asociación durante 24 años consecutivos, se han formulado bases de datos e información sobre el manejo, reproducción, rehabilitación y reintroducción de la lapa roja que tienen un gran valor biológico para fortalecer la experiencia en nuestro país sobre la gestión ambiental de la vida silvestre (ASOPROLAPA, 2018). Por ende, la investigación planteada a partir de su evaluación busca mejorar la metodología implementada para alcanzar mayores éxitos en los procesos de sobrevivencia de los individuos.

### **Referencias**

Artavia-Durán, E. 2018. Tamaño poblacional y censado de nidos de la especie *Ara macao* (Psittacidae) en la Península de Nicoya, Costa Rica. *Zeledonia* 22 (1): 33-43.

ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja). (2018). Plan de manejo: Zoocriadero de psitácidos para reproducción, rehabilitación y reintroducción como una alternativa de conservación en la Península de Nicoya, Playa Pochote, Puntarenas, Costa Rica.

Brightsmith, D., Hilburn, J., Del Campo, A., Boyd, J., Frisius, M., Frisius, R. Janik, D. y Guillen, F. 2003. Supervivencia y Reproducción de Guacamayos Escarlatas (*Ara macao*) Criados a Mano en el Estado Silvestre. Disponible en: <http://macawproject.org/index.php/publications-in-spanish/viewdownload/12-ublications-in-spanish/93-supervivencia-y-reproduccion-de-guacamayos-escarlatas-ara-macao-criados-a-mano-en-el-estado-silvestre>.

- Brightsmith, D. 2005. Parrot Nesting in Southeastern Peru: Seasonal Patterns and Keystone Trees. *Wilson Bulletin*, 117(3):296–305.
- Calvo-Obando, A. & Ortíz-Malavassi, E. 2012. Fragmentación de la Cobertura Forestal en Costa Rica durante los Periodos 1997-2000 y 2000-2005. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9 (22): 10-21.
- Cerezo, A., Chandler, Dowell, B. 2009. Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical* vol.57 (1-2).
- Dear, F., Vaughan, C. y Morales, A. 2010. Current Status and Conservation of the Scarlet Macaw (*Ara macao*) in the Osa Conservation Area (ACOSA), Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED* (ISSN: 1659-4266), 2(1):3-17.
- Espunyes, J. 2012. Reintroducción de Especies Amenazadas: Problemáticas y Recomendaciones. IUCN: Boletín del Estado BOE-A-2011-3582. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Estrada A. 2014. Reintroduction of the Scarlet Macaw (*Ara macao cyanoptera*) in the Tropical Rainforests of Palenque, Mexico: Project Design and First Year Progress. *Tropical Conservation Science*, 7(3):342-364.
- Forbes, D. 2006. Reintroducción exitosa de la lapa roja (*Ara macao*) en los bosques secos y húmedos de Costa Rica: supervivencia, movimientos y dieta. En: Primer Simposio Mesoamericano de Psittaciformes, IX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación La Ceiba, Honduras. p: 96-103.
- Garrigues, R. & Robert Dean. 2014. *The Birds of Costa Rica*. Cornell University Press, US. p: 172-173.
- González, F. & Lobo, S. 1999. Breve Descripción de los Recursos Forestales de Costa Rica. SINAC-MINAE.
- Guedes, N. M. R. 2004. Management and conservation of the large macaws in the wild. *Ornitologia Neotropical* 15:279–283.
- Guittar, J., Dear, F. and Vaughan, C. 2009. Scarlet Macaw (*Ara macao*, Psittaciformes: Psittacidae) Nest Characteristics in the Osa Peninsula Conservation Area (ACOSA), Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57: 387–393.
- Henn, J., McCoy, M. and Vaughan, C. 2014. Beach almond (*Terminalia catappa*, Combretaceae) seed production and predation by scarlet macaws (*Ara macao*) and variegated squirrels (*Sciurus variegatoides*). *Revista de Biología Tropical*, 62 (3): 929-938.
- Janik, D., Chacón, S., Nemeth, N. & García, V. 1999. Scarlet Macaw Reintroduction Project. Fundación para la Restauración de la Naturaleza, La Garita de Alajuela, Costa Rica
- Janzen H.D. 1991. *Ara macao*. En: *Historia Natural de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica. p: 558-560.

- Monge, G., Chassot, O., Ramírez, O., Alemán, I., Figueroa, A. & Brenes, D. 2012. Temporada de nidificación 2009 de *Ara ambiguus* y *Ara macao* en el Sureste de Nicaragua y Norte de Costa Rica. *Zeledonia* 16 (1): 3-14.
- Monge, O., Schmidt, K., Vaughan, C. and Gutiérrez, G. 2016. Genetic patterns and conservation of the Scarlet Macaw (*Ara macao*) in Costa Rica. *Conservation Genetic*, 17:745–750.
- Pérez, E. 1998. Evaluación del Hábitat Disponible para la Guacamaya Roja (*Ara macao*), en Petén, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 67 p.
- Portillo-Reyes, H. 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.
- Ralph, J., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., De Sante, D. y Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, Department of Agriculture. California, U.S.
- Renton, K., Hernández P., Hernández E. & Araujo L. 2009. Guacamayo Rojo (*Ara macao cyanoptera*). Programa de Acción para la Conservación de la Especie. D.F., México.
- Stiles G. & Skutch A. 1989. Birds of Costa Rica. Cornell University Press. New York, U.S.
- Stiles FG, Skutch AF. 2007. A guide to the birds of Costa Rica. INBio, Heredia Stojanovic, D., G.
- Varela, I. y Janik, D. 2008. Reintroducción de la Lapa Roja (*Ara macao*) en Playa San Josecito, Golfito. *Stapfia* 88, zugleich Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen Neue Serie, 80: 725-731.
- Vaughan, C., Nemeth N. and Marineros L. 2003. Ecology and Management of Natural and Artificial Scarlet Macaw (*Ara macao*) Nest Cavities in Costa Rica. *Ornitología Neotropical*, 14 (3): 381-396.
- Vaughan, C. 2006. Ventajas y desventajas de las reintroducciones de vida silvestre. *Mesoamericana*, 10 (2): 88-95.
- Vaughan, C., Nemeth N. and Marineros L. 2006. Scarlet Macaw, *Ara macao*, (Psittaciformes: Psittacidae) diet in Central Pacific Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54 (3): 919-926.
- Vaughan, C., Bremer, M. and Dear, F. 2009. Scarlet Macaw (*Ara macao*) (Psittaciformes: Psittacidae) Parental Nest Visitation in Costa Rica: Implications for Research and Conservation. *Revista de Biología Tropical*, 57 (1-2): 395-400.
- Vaughan, C. 2011. Changes in dense forest habitat for endangered wildlife species in Costa Rica from 1949 to 1977. *UNED Journal of Research*, 3(1), 99-161. <https://doi.org/10.22458/urj.v3i1.213>
- Vaughan, C. 2019. Conservación de la lapa roja (*Ara macao*) con manejo in situ en el Pacífico Central de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*. Vol 53(2): 166-188. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.10>.
- Vigo, G., Williams, M. & Brightsmith. 2011. Growth of Scarlet Macaw (*Ara macao*) Chicks in Southeastern Peru. *Ornitología Neotropical*. 22: 143–153.



Wiedenfled, D. 1994. A new subspecies of scarlet macaw (*Ara macao*) and its status and conservation. *Ornitologia Neotropical*, 5, 99-104.

Wright, T. F., C. A. Toft, E. Enkerlin-Hoeflich, J. Gonzalez-Elizondo, M. Albornoz, A. Rodríguez-Ferraro, F. Rojas-Suárez, V. Sanz, A. Trujillo, S. R. Beissinger, V. Berovides, X. Gálvez, A. T. Brice, K. Joyner, J. Eberhard, J. Gilardi, S. E. Koenig, S. Stoleson, P. Martuscelli, J. M. Meyers, K. Renton, A. M. Rodríguez, A. C. SosaAsanza, F. J. Vilella, & J. W. Wiley. 2001. Nest poaching in Neotropical parrots. *Conservation Biology* 15:710–720.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la efectividad de la reintroducción de *A. macao* implementada por la Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja en el sureste de la Península de Nicoya.

### **Objetivos Específicos**

1. Estimar la abundancia relativa y distribución espacial de la población de *A. macao* reintroducida, incluyendo individuos nacidos en vida libre, en el sureste de la Península de Nicoya, desde el año 2007 al 2019.
2. Analizar la genética poblacional de las lapas rojas liberadas por el proyecto en el sureste de la Península de Nicoya, y compararla con poblaciones silvestres.
3. Analizar la metodología de rehabilitación y reintroducción de *A. macao*, implementada por la Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja en el sureste de la Península de Nicoya.

## ARTÍCULO I

### Objetivo abarcado:

Estimar la abundancia relativa y distribución espacial de la población de lapa roja reintroducida, incluyendo individuos nacidos en vida libre, en el sureste de la Península de Nicoya, desde el año 2007 al 2019.

### Título:

Estimaciones de una Población Reintroducida de Lapa Roja (*Ara macao*) en el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

### Autores:

Vernun Arias-Vega\*<sup>1</sup>, Ricardo Alvarado Barrantes<sup>2</sup>, Mauricio Vega-Araya<sup>3</sup> & Gustavo Gutiérrez Espeleta<sup>4</sup>

### Afiliaciones de los autores:

1. Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA, Puntarenas, Costa Rica; [venonarias@yahoo.com](mailto:venonarias@yahoo.com)
2. Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; [ricardo.alvarado@ucr.ac.cr](mailto:ricardo.alvarado@ucr.ac.cr)
3. Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica; [mauvega@cieco.org](mailto:mauvega@cieco.org)
4. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; [gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr](mailto:gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr)

### Formato del artículo:

El formato del artículo sigue las instrucciones para someterlo a revisión en la Revista Biología Tropical de la Editorial Universidad de Costa Rica.

## Estimaciones de una población reintroducida de Lapa Roja (*Ara macao*) en el sureste de la península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica

Vernun Arias-Vega<sup>\*1</sup>, Ricardo Alvarado Barrantes<sup>2</sup>, Mauricio Vega-Araya<sup>3</sup> & Gustavo Gutiérrez Espeleta<sup>4</sup>

1. Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA, Puntarenas, Costa Rica; [venonarias@yahoo.com](mailto:venonarias@yahoo.com)

2. Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; [ricardo.alvarado@ucr.ac.cr](mailto:ricardo.alvarado@ucr.ac.cr)

3. Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica; [mauvega@cieco.org](mailto:mauvega@cieco.org)

4. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; [gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr](mailto:gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr)

\* Correspondencia

**Resumen. Introducción:** La reintroducción de individuos rehabilitados que han nacido o estado en cautiverio, representa una herramienta considerada en la conservación de las especies. Se pretende restablecer una nueva población viable y autosuficiente en un área donde ya existió. Esta investigación se basó en la experiencia de la Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja (*Ara macao*)-ASOPROLAPA, quién ha dedicado sus esfuerzos y recursos desde el año 1996 en el sureste de la Península de Nicoya. **Métodos:** De diciembre 2018 a junio 2019 se le dio seguimiento de campo a la población de *A. macao* en vida libre para estimar los parámetros de distribución espacial y abundancia relativa. Se implementó un método de conteo por puntos, a partir de tres rutas. **Resultados:** Después de 13 años de iniciado el proceso de reintroducción se estimó una abundancia relativa del 31.5% de la población de lapas rojas en vida libre. Con relación a la distribución espacial existe una preferencia por las zonas de vida de bosque húmedo tropical y bosque húmedo tropical transición a bosque perhúmedo, así como por el uso de los espacios abiertos costeros en áreas con baja elevación. **Conclusiones:** La mayor concentración de aves responde a distancias no mayores a los 7 km del punto de liberación inicial. Se determina que la población de *A. macao* no muestra aún valores de una reintroducción exitosa. Aunque reporta una reproducción favorable que podría ajustarse a los criterios considerados como exitosos. Se recomienda ampliar el periodo de estudio, e incluir parámetros reproductivos y alimenticios, y sobre la recuperación de la cobertura vegetal.

**Palabras Clave:** reintroducción, abundancia relativa, distribución espacial, ASOPROLAPA.

**Abstract. Introduction:** The reintroduction of rehabilitated individuals that have been born or have been in captivity, represents a tool considered in the conservation of the species. It is intended to reestablish a new viable and self-sufficient population in an area where it already existed. This research was based on the experience of the Conservation Association for the Protection of the Scarlet Macao (*Ara macao*) -ASOPROLAPA, who has dedicated its efforts and resources since 1996 in the southeast of the Nicoya Peninsula. **Methods:** From December 2018 to June 2019, the free-living population of *A. macao* was monitored in the field to estimate the parameters of spatial distribution and relative abundance. A point counting method was implemented, based on three routes. **Results:** After 13 years into the reintroduction process, a relative abundance of 31.5% of the population of scarlet macaws in free life was estimated. Regarding the spatial distribution, there is a preference for the life zones of tropical humid forest and tropical humid forest transition to perhumid forest, as well as for the use of coastal open spaces in areas with low elevation. **Conclusions:** The highest concentration of birds responds to distances no greater than 7 km from the initial release point. It is determined that the population of *A. macao* does not yet show values of a successful reintroduction. Although it reports a favorable reproduction that could fit the criteria established as successful. It is recommended to extend the study period, and include reproductive and nutritional parameters, and on the recovery of the vegetation cover.

**Key words:** reintroduction, relative abundance, space distribution, ASOPROLAPA.

**Total words:** 7527

## INTRODUCCION

Una de las herramientas consideradas en la conservación de las especies es la reintroducción (Espunyes, 2012; IUCN, 2013; Nassar 1999), con la finalidad de establecer nuevamente una población viable y autosuficiente en un lugar donde históricamente esa especie existió (Heredia, 1992; IUCN, 2013; Revilla, 1998; Vaughan, 2006). Esta técnica busca liberar animales de preferencia nativos y saludables, nacidos o no en cautiverio, capaces de sobrevivir en el hábitat que se van a liberar, que se puedan reproducir y que no represente un riesgo como transmisor de patógenos (Aprile & Bertonatti, 1996; Deem et al., 2001; Serio, 2011).

Algunos autores opinan que se deben agotar todos los métodos disponibles de manejo activo y pasivo antes de intentar reintroducciones (Griffith et al., 1989; Vaughan 2006), por ejemplo, al considerar que estos individuos podrían enfrentar nuevamente las amenazas que los llevaron a desaparecer, tales como la deforestación y la captura ilegal como causas más comunes (Carrillo & Vaughan, 1994; Olah et al., 2016; Renton et al., 2009).

El éxito de un proyecto de reintroducción a largo plazo se logra cuando la población silvestre obtenida alcanza un nivel demográfico sostenible (Revilla, 1998; Vaughan, 2006). Otros autores plantean que este es alcanzado cuando la especie se establece y reproduce, así como su siguiente generación o F1 (Estrada, 2014; Rodríguez, 2014; Vaughan, 2006). Partiendo de la experiencia existente en México, Centroamérica y Suramérica sobre proyectos de reintroducción con *Ara macao* (Brightsmith et al., 2003; Brightsmith et al., 2005; Estrada, 2014; Forbes, 2006; Rodríguez, 2014; Varela & Janik, 2008), se ha logrado documentar en la mayoría de los casos porcentajes de supervivencia superiores al 70% de los individuos liberados en los primeros cinco años, esto amparado a criterios de expertos que plantean que en el primer año de una reintroducción la supervivencia del 50% o más de los individuos liberados puede definirse como exitosa (Brightsmith et al., 2003; Rodríguez, 2014; Varela & Janik, 2008).

En Costa Rica, la Fundación para la Restauración de la Naturaleza reportó en marzo del 2007 la liberación de 79 lapas rojas en la localidad de Playa San Josecito al norte de Golfito, obteniendo una tasa de supervivencia del 72% después del primer año (Varela & Janik, 2008); otro caso documentado por parte del Centro de Investigaciones Tambopata-Perú con pichones tomados de los nidos naturales y alimentados a mano, reporta una tasa de supervivencia del 85% (Brightsmith et al., 2003). El primer intento de reintroducción de lapa roja (*A. macao*), en la Península de Nicoya, se realizó en el año 1999 con un grupo reducido de individuos (Forbes 2006). A través de un proyecto en conjunto entre las ONG's conocidas como Zooave y Amigos de las Aves se liberaron 13 individuos (5 hembras, 8 machos) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Curú ubicado en el Distrito de Paquera-Puntarenas (Brightsmith et al., 2003; Forbes 2006). Cuatro años después se reportaba la existencia de 10 aves (77% de supervivencia) e incluso la presencia de nuevos individuos en el año 2004 (Forbes, 2006), sin embargo, Matuzak et al. (2008) indica que estos individuos no lograron explotar de forma adecuada el hábitat y sus fuentes de alimento, debido a la falta de

conocimiento o experiencia. Las especies no nativas y cultivadas comprendieron el 76% de la dieta de las lapas rojas y promediaron el 28% para todas las demás especies.

Actualmente la Península de Nicoya cuenta con la presencia de tres ONG's dedicadas a la conservación de la especie *A. macao*; 1) Macaw Recovery Network ubicada en la localidad de Punta Islita del Cantón de Nandayure-Guanacaste presente desde el año 2008 con 48 aves liberadas, 2) Zooave ubicado en la localidad de Pilas de Canjel del Cantón de Nandayure-Guanacaste presente desde el año 2014 con 42 aves liberadas y 3) la Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA ubicada en la localidad de Pochote del Cantón Central-Puntarenas presente desde el año 1996 con 159 aves liberadas a diciembre del año 2018 (Arias, 2018; ASOPROLAPA, 2018). ASOPROLAPA representa la ONG de mayor antigüedad en la Península de Nicoya, la cual inició hace 24 años su trabajo bajo el objetivo de “Asegurar la supervivencia de la Lapa Roja a través de un programa controlado de reproducción en cautiverio” (Arias, 2003). Esta representaba su primera fase de proyecto como zocriadero no comercial, periodo durante el cual se concentró en mejorar sus técnicas de reproducción y alcanzar tendencias estables de crecimiento poblacional anual en cautiverio; ajustado el proyecto al cumplimiento de la legislación ambiental vigente (MINAE, 1992; MINAE, 2005). En el año 2006 inició la segunda fase del proyecto bajo el objetivo de “Devolver a la Península de Nicoya parte de su riqueza natural a partir de un programa de liberación con la lapa roja” (Arias 2006), implementando el método de liberación pasiva o “soft release” (Chacón & Janik, 1999; Higgins 1999; Hilburn et al., 1998). Formado el primer grupo de lapas rojas pertenecientes a la tercera generación, conformado por individuos que muestran comportamientos más afines a una condición silvestre, se da camino al proceso de liberación en Playa Pochote de Bahía Ballena, Distrito de Paquera, Puntarenas (ASOPROLAPA-MINAE, 2006). A finales del año 2018 se reporta la realización de cuatro eventos de liberación: 1) el 16 de febrero 2007 se realizó la primera liberación de diez lapas rojas con el objetivo de conformar la bandada núcleo o grupo residente de reclutamiento, 2) el 21 de marzo del 2009 se realizó la segunda liberación sumando treinta aves más, 3) el 19 de octubre del 2012 se realiza la tercera liberación de cincuenta y ocho aves y el 16 de febrero 2018 se realiza la cuarta liberación de veinte seis aves. Entre mayo 2007 y enero 2008 se integra a la bandada núcleo veintisiete lapas rojas a partir deliberaciones individuales y entre abril 2009 y septiembre 2012 se liberan siete individuos más

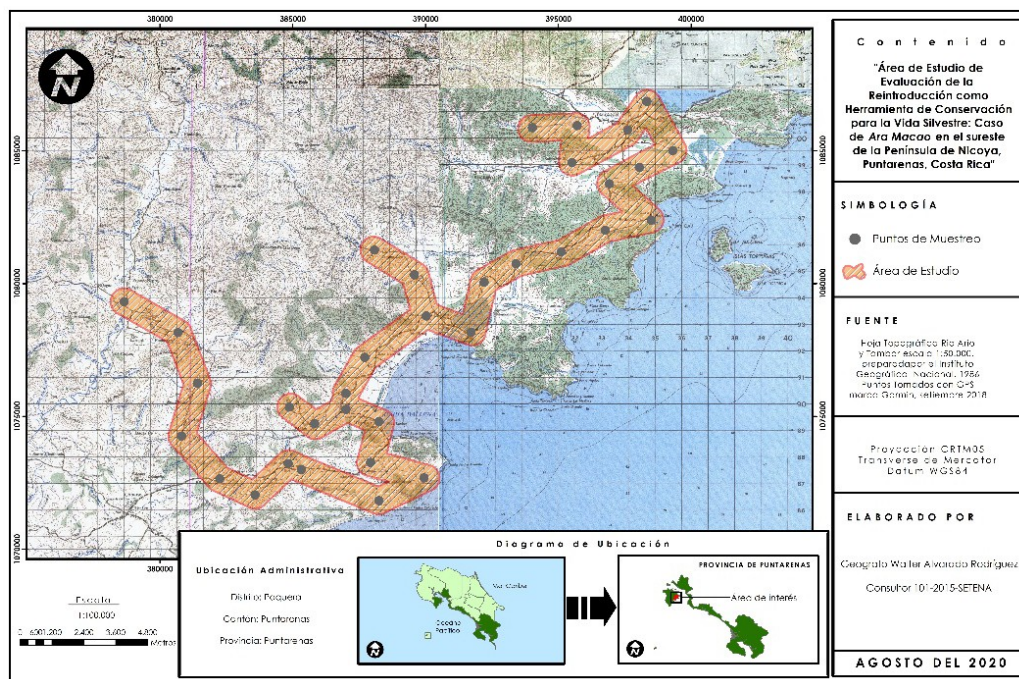
bajo la misma metodología con el objetivo de reforzar la población existente en vida libre alcanzando un total de 158 (89 machos, 69 hembras) lapas rojas liberadas, cada una debidamente identificada con anillo y microchip (ASOPROLAPA-MINAE, 2018).

Desde el momento de la primera liberación, se inicia un proceso de monitoreo de las aves en vida libre, proceso con el cual se ha generado datos sobre dieta, mortalidad y reproducción (ASOPROLAPA-MINAE, 2009). En febrero del año 2008 se colocan los primeros 30 nidos artificiales construidos en plástico y en marzo del 2009 nace el primer pichón de lapa roja nacido en vida libre (ASOPROLAPA-MINAE, 2009). A la fecha de junio 2019 se contabilizan 95 crías nacidas en nidos artificiales de padres liberados. Además, algunos residentes, del sureste de la Península de Nicoya han brindado reportes esporádicos de 20 crías provenientes de nidos naturales (ASOPROLAPA-MINAE 2019). A partir de esta investigación se pretende evaluar la situación actual de la población en vida libre, con relación a la abundancia relativa y distribución espacial en el sureste de la Península de Nicoya.

## MATERIALES Y METODOS

### **Descripción del Sitio**

El trabajo se realizó en los distritos de Paquera y Cóbano, ubicados en el sureste de la Península de Nicoya de la Provincia de Puntarenas, con un área de 654.9 km<sup>2</sup> entre ambos. En esta zona se encuentra representado el Corredor Biológico Peninsular (CBP), con una extensión de 64.218 hectáreas que logran conectar diez Áreas Silvestres Protegidas (SINAC, 2016). El CBP está representado por cinco tipos de cobertura; el bosque secundario es la cobertura que abarca mayor extensión con 38.101 hectáreas (59%), los pastos que abarcan un 29% con 18.611 hectáreas, los manglares cubren un 3%, las plantaciones forestales un 2% y las áreas sin cobertura un 7% (SINAC, 2016). Las instalaciones de ASOPROLAPA, están ubicadas en Playa Pochote del Distrito de Paquera, coordenadas 9.7342 N / 85.0187 W.



**Fig. 1.** Área de estudio para la población de *Ara macao* en el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica, durante el periodo comprendido entre diciembre del 2018 y junio del 2019.

### **Tipos de conteos Realizados**

#### **Método de conteo Mensual**

El trabajo de campo se realizó de diciembre 2018 hasta mayo 2019, periodo reproductivo de la especie. Se establecieron tres rutas utilizando el método de conteo por puntos (Martella et al., 2012; Navarro, 2005; Ralph et al., 1996), tomando como partida (punto 0 ó punto de inicio) el sitio de liberación de las aves, conocido como Área de Pre-liberación (9.7445 N / 85.0155 W). Éstas consistieron en una ruta de 30 km en dirección noreste, una de 26 km en dirección suroeste y una de 14 km seccionada en dirección noroeste y oeste hacia los sectores de altura media.

En cada ruta se establecieron puntos de conteo fijos geo-referenciados con una distancia entre sí de 2 km promedio considerando el ámbito de vida de la especie, para recolectar datos sobre presencia / ausencia y cantidad de individuos (Martella et al., 2012; Navarro, 2005; Ralph et al., 1996). Estos puntos de conteo se consideran adecuados para detectar la presencia de las aves en estudio, mostrando una amplia visibilidad del entorno e identificación clara de la especie.



Rutas descritas: Ruta 1: dirección noreste, distancia 30 kilómetros, 15 puntos de conteo / Ruta 2: dirección noroeste y oeste, distancia 14 kilómetros, 7 puntos de conteo / Ruta 3: dirección suroeste, distancia 26 kilómetros, 13 puntos de conteo; información de las rutas que se puede visualizar en la Fig. 2.

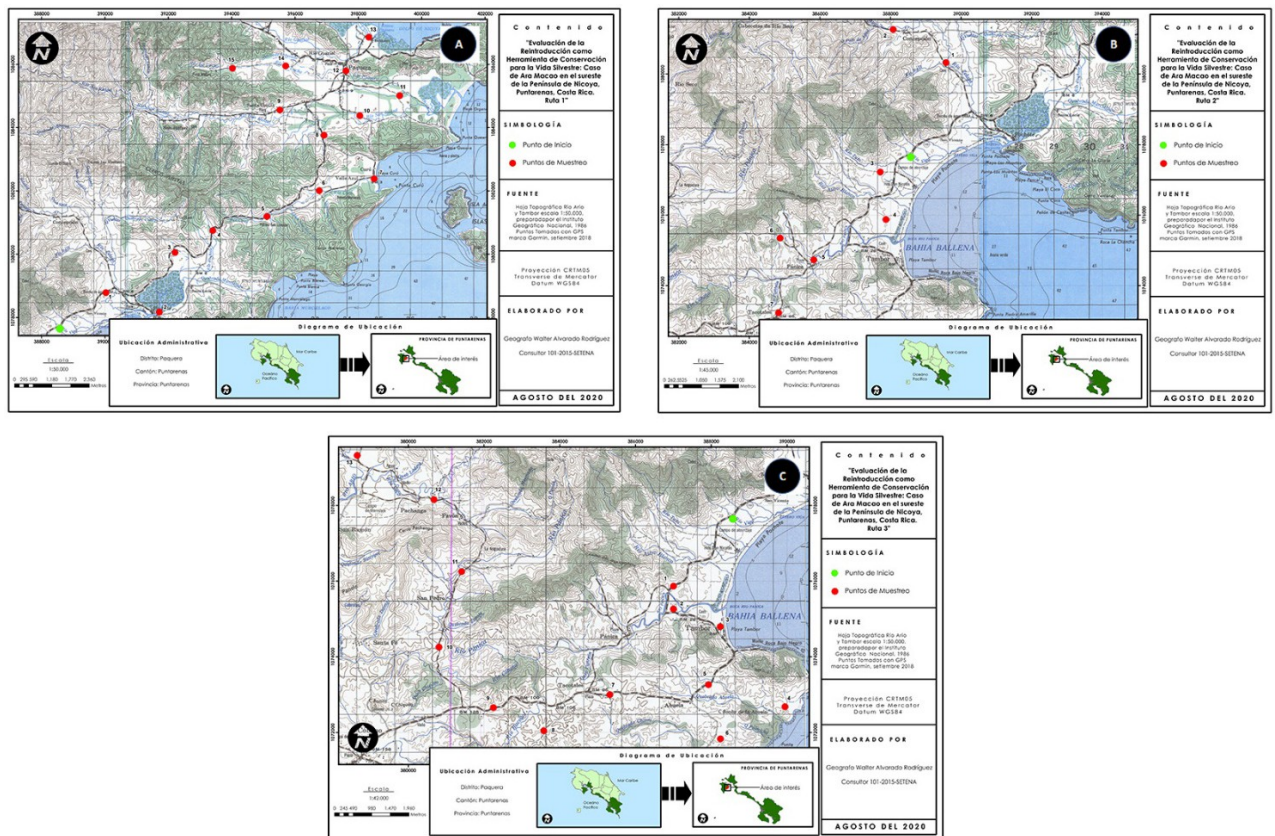
Cada dos semanas, durante seis meses, se procedió a recorrer cada ruta establecida en dos periodos del día (6:00-9:00, 15:00-18:00), del punto más alejado de la ruta en dirección al punto 0 y viceversa. Cada punto de conteo se muestreó doce veces durante el estudio de campo, utilizando como herramienta la observación directa por un plazo de 10 minutos con una capacidad máxima de observación de 300 m en los puntos de conteo con menor vegetación. Los tipos de hábitats del área de estudio quedaron representados en cuatro categorías: Área Abierta (AA, n=21) con un 60%, Borde de Bosque (BB, n=9) con un 26%, Área de Costa (AC, n=4) con un 11% y Bosque Ribereño (BR, n=1) con un 3% (anexo, Tabla 1). El tiempo estimado de desplazamiento promedio entre cada punto de conteo fue de 10 minutos. Dadas las condiciones del área de estudio, el acceso por carreteras facilitó el establecimiento de los puntos de conteo y el desplazamiento entre estos. En cada punto de conteo se registró: fecha, hora, observador, número de punto de conteo, número de individuos y tipo de actividad (volando, alimentándose, perchada en descanso, comportamiento de pareja, anidando).

Para reforzar la información de campo sobre abundancia relativa y distribución poblacional, se revisó la información documentada por ASOPROLAPA en las bitácoras oficiales ante el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) e informes de regencia biológica post liberación basados en datos de campo. Se obtuvieron datos sobre cantidad de aves total liberadas, recapturas, mortalidad de las aves encontradas con anillo y microchip, nacimientos en vida libre y distribución.

Para efecto del presente estudio con respecto a la distribución espacial en la aplicación del modelo estadístico, sólo se utilizaron los datos obtenidos sobre la abundancia relativa por el método de conteo mensual durante el periodo de la mañana que mostró mayor actividad de las aves y considerando una menor influencia de las condiciones climáticas sobre las observaciones de campo.

### **Método de Conteo Simultáneo**

Este método se realizó el 29 de junio 2019, como único ensayo, contemplando las tres rutas en dos periodos ya establecidos en el método de conteo mensual (6:00-9:00, 15:00-18:00), ubicando en cada punto de conteo de las rutas 1 a la 3, uno o dos muestreadores. Previo a la realización de la actividad se capacitó a 70 participantes, estudiantes de sexto año de las especialidades de Turismo Ecológico y Agroecología, del Colegio Técnico Profesional de Paquera. Instruyéndolos en la aplicación de la metodología del conteo de puntos y descripción del tipo de actividad; en cada punto de conteo se registró: fecha, hora, observador, número de punto de conteo, número de individuos y tipo de actividad. Considerando que este método fue implementado una vez, el análisis y los resultados de los datos se restringieron a un nivel descriptivo.



**Fig. 2.** Distribución de las rutas y puntos de conteo [según número de ruta: ruta 1 (A), ruta 2 (B) y ruta 3 (C)] para la población de *Ara macao* en el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

## *Análisis de Datos*

### **Abundancia Relativa**

A partir de los registros teóricos de ASOPROLAPA con relación a la cantidad de individuos liberados más los individuos nacidos en vida libre se procedió a determinar el tamaño de la población (N). Para estimar el tamaño de la población relativa ( $n_i$ ), para el caso del conteo mensual, se obtuvo el valor promedio por punto y la posterior sumatoria de todos los puntos. De esta manera aplicando la fórmula  $n_i (\%) = (n_i / N) \times 100$ , se obtuvo la abundancia relativa porcentual (Falconi, 2011; Naranjo, 2000). Para estimar el tamaño de la población relativa ( $n_i$ ), para el caso del conteo simultáneo, tomando en cuenta que solamente se dio un evento se realiza la suma de los individuos reportados por punto, durante los periodos de observación y se aplicó la fórmula.

### **Distribución Espacial**

Con los datos de tipo de hábitat y distancia generados de las observaciones de campo del conteo mensual, junto a las variables ambientales de zona de vida (CNIG, 2008) y elevación (ING, 2020), se aplicó un modelo de conteo inflado por ceros con distribución binomial negativa para relacionar la abundancia de la especie según el uso de hábitat (Lambert, 1992; Long, 1997). Este modelo tiene dos componentes pues combina un punto de masa en cero con una distribución de conteo. Por lo tanto, los ceros pueden venir del punto de masa o de la distribución de conteo. En este sentido, se piensa en un mecanismo que da la probabilidad de presencia o no de individuos, lo que hace que haya una masa importante en cero, y para esto se usa un modelo binario con función de enlace logística. Por otra parte, cuando hay probabilidad de presencia, se modela la media del número de individuos con una distribución binomial negativa y función de enlace logarítmica. Cada componente del modelo tiene variables que pueden coincidir entre ambos componentes o ser diferentes. Se inicia con un modelo que incluye cuatro variables independientes (hábitat, elevación, zona de vida y distancia al punto de liberación) en ambos componentes. Se va eliminando una variable a la vez y se comparan los modelos mediante la prueba de la razón de verosimilitud (LRT, siglas en inglés), la cual usa un estadístico Chi-cuadrado con los grados de libertad calculados como la diferencia entre los grados de libertad residuales de los dos modelos que se comparan.

Basado en lo anterior, se determina que la zona de vida bosque muy húmedo premontano transición a basal (bmh-P6), presenta limitaciones, ya que, en cuanto a la variable de elevación no hay puntos de conteo en elevaciones bajas, y en cuanto a la variable de distancia la mayor parte de los puntos de conteo se concentran en un pequeño rango. Por esta razón, se recurre a la información de las otras zonas de vida y se estima una pendiente general para todas las zonas de vida. Esto justifica que en el modelo no se incluyera interacción entre zona de vida y cualquiera de las otras variables (elevación y distancia).

Para el caso del conteo simultáneo, la distribución espacial se desarrolla de manera descriptiva, tomando en cuenta que solamente se dio un evento y, por ende, el posible riesgo de generar un error en el modelaje.

## RESULTADOS

### Abundancia Relativa

Según los registros teóricos de ASOPROLAPA febrero 2007 a mayo 2019, se reporta un total de 232 lapas rojas en vida libre; 143 reintroducidas (restando defunciones) y 89 nacidas en vida libre, en nidos artificiales y naturales.

Con base en la información recolectada, se determinó que la mayor abundancia relativa porcentual se obtuvo en el conteo mensual durante el periodo de la mañana con un 31.4 % a partir de 73 individuos en vida libre reportados (Tabla 1).

TABLA 1

Abundancia relativa porcentual de individuos de *Ara macao*, basado en el método de conteo por puntos mensual (en el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019), y el método de conteo por puntos simultáneo (realizado el 29 de junio 2020) en dos periodos del día realizado al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

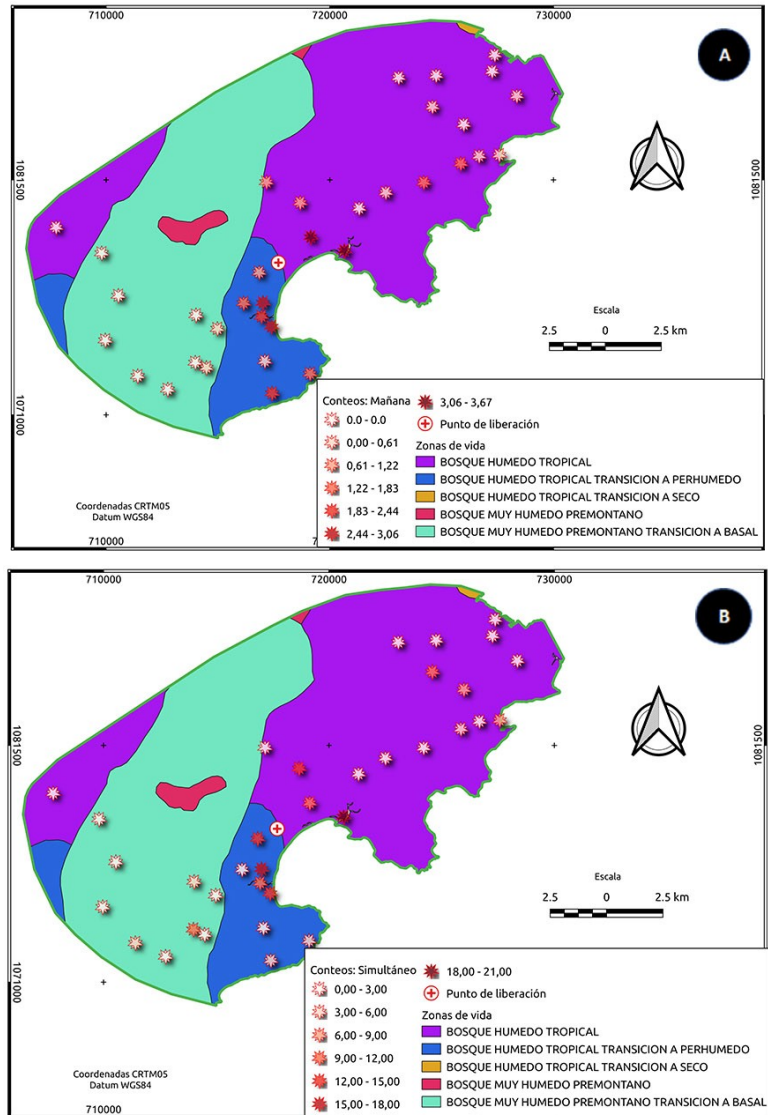
Tipo de Muestreo	Periodo	Población	Conteo*	Desviación Estándar	Abundancia Relativa (%)
Mensual	mañana	232	73.2	14.9	31.5
	Tarde	232	71.9	25.1	31.0
Simultáneo	mañana	238	191	NA	80.2
	Tarde	238	102	NA	42.8

**Notas:** \*: El conteo mensual es un promedio, el conteo simultáneo es un solo evento; NA: no aplica.

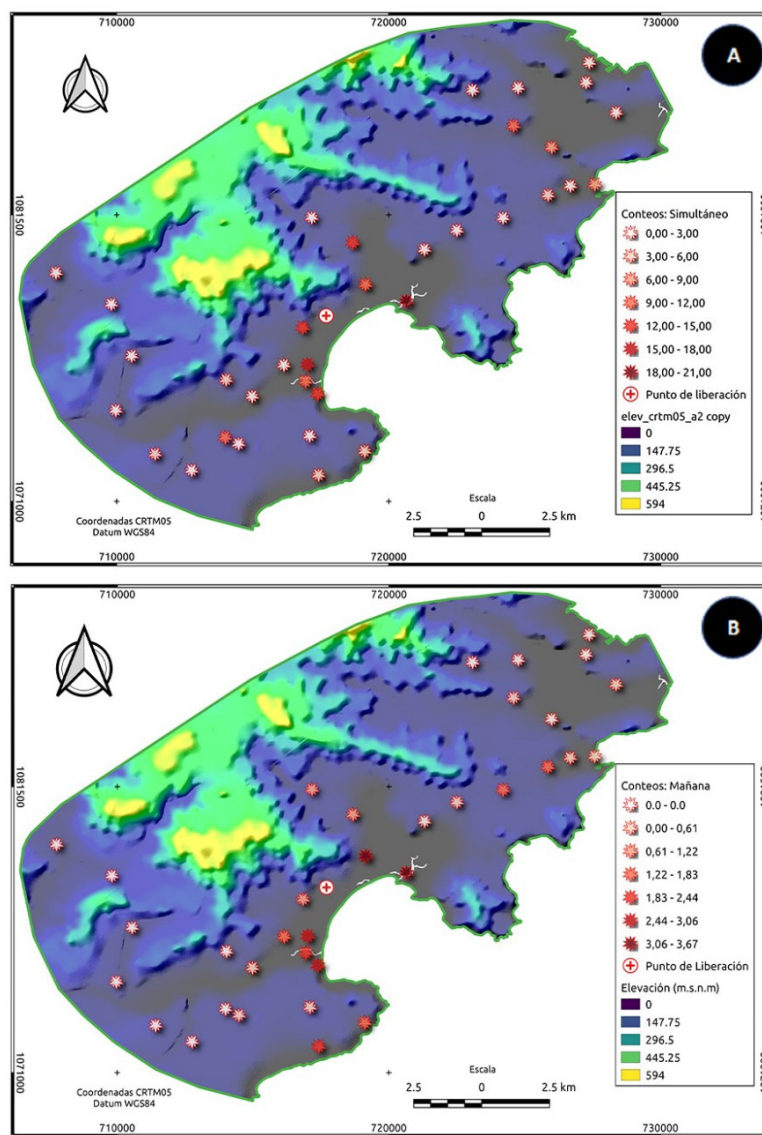
Según los registros teóricos de ASOPROLAPA en junio 2019, se reporta un total de 238 lapas rojas en vida libre; 143 reintroducidas (restando defunciones) y 95 nacidas en vida libre, en nidos artificiales y naturales. La abundancia relativa porcentual obtenida en el conteo simultáneo durante el periodo de la mañana fue de un 80.2 % a partir de 191 individuos en vida libre reportados, mientras que para el periodo de la tarde se reportó un 42.8% representado por 102 individuos en vida libre (Tabla 1).

### **Distribución Espacial**

Se determina que la presencia de individuos de *A. macao* se da en tres zonas de vida: bosque húmedo tropical “bh-T” (conteo promedio 8.6, desviación estándar 14.0), bosque húmedo tropical transición a perhúmedo “bh-T2” (conteo promedio 22.1, desviación estándar 11.4) y bosque muy húmedo premontano transición a basal “bmh-P6” (conteo promedio 1.4, desviación estándar 2.5), siguiendo la distribución de los puntos de conteo de las rutas (1, 2, 3); siendo las primeras dos zonas de vida las que muestran la mayor concentración poblacional (Fig. 3).



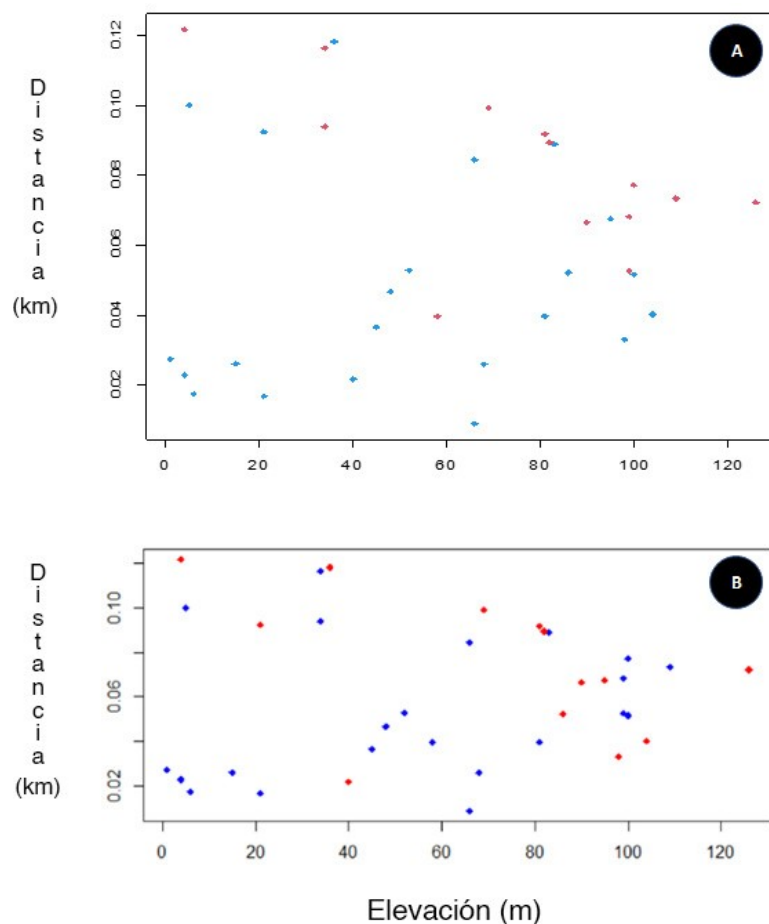
**Fig. 3.** Mapa de la distribución espacial de *Ara macao* sobre las rutas del conteo mensual promedio (A, en el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019), y conteo simultáneo (B, realizado el 29 de junio 2019) durante el periodo de la mañana, según zonas de vida en el Suroeste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. **Nota:** Las estrellas representan los ámbitos del número de individuos reportados por punto de conteo.



**Fig. 4.** Mapa de la distribución espacial de *Ara macao* sobre las rutas del conteo mensual promedio (A, durante el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019), y conteo simultáneo (B, realizado el 29 de junio 2019) durante el periodo de la mañana, según elevación al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. **Nota:** Las estrellas representan los ámbitos del número de individuos reportados por punto de conteo.

Se encontró una mayor presencia de lapas rojas en vida libre, en los puntos de conteo entre los cero y 150 metros sobre el nivel mar (Fig. 4). La zona de vida bmh-P6 (elevación promedio 94.33, desviación estándar 22.24) presenta puntos de conteo con mayor promedio de elevación que las otras dos zonas de vida (para bh-T la elevación promedio es 52.33, desviación estándar 33.02, y para bh-T2 el promedio es 41.88, desviación estándar 33.87)

(anexo, Fig. 1). Se determina que en puntos de conteo de menor distancia y elevación es más probable observar individuos de *A. macao* (Fig. 5).



**Fig. 5.** Relación entre la distancia del punto de inicio (km) y la elevación (m) a partir de las rutas del conteo por puntos mensual promedio (A, en el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019) y del conteo por puntos simultáneo (B, realizado el 29 de junio 2019) para *Ara macao* al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. **Nota:** Los puntos rojos representan conteos con cero observaciones.

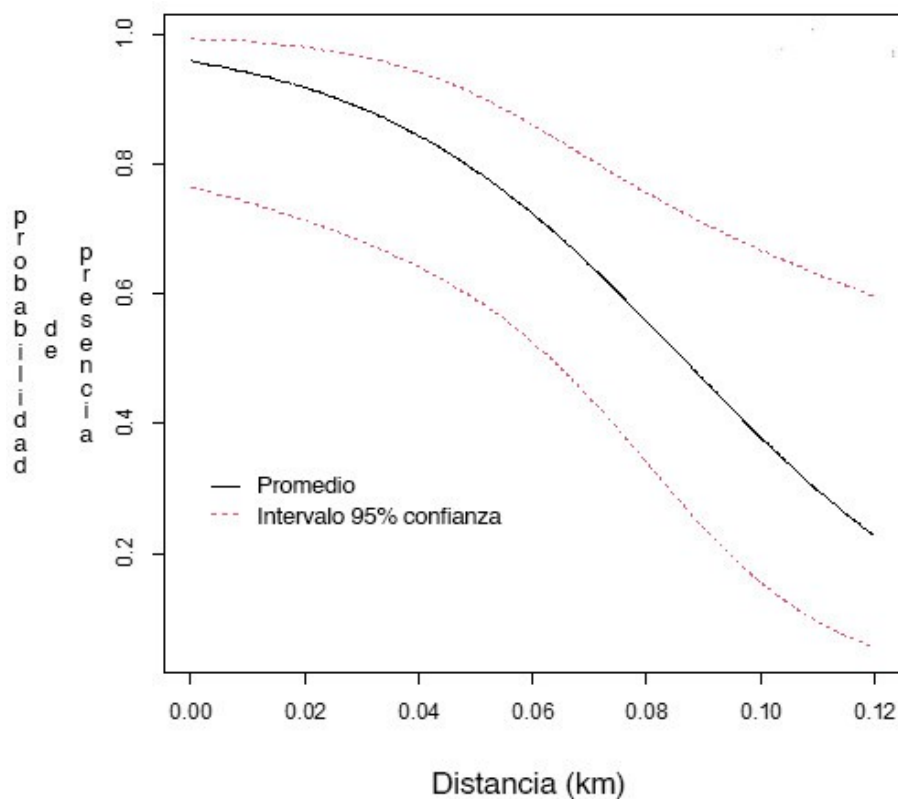
Aplicando el modelo de conteos inflados por ceros con distribución binomial negativa, para el conteo mensual promedio, en primer lugar, se verificó que la variable hábitat no es significativa ni para explicar la parte binomial ni para explicar el conteo. Al comparar un modelo que contiene todas las variables en ambas partes contra uno que elimina hábitat de ambas partes se obtiene una probabilidad de  $p=0.31$ . Seguidamente se elimina una a una las variables de la parte de conteos en el siguiente orden: elevación ( $p=0.38$ ) y zona de vida



( $p=0.37$ ). Al eliminar estas dos variables de la parte de conteos, solo queda la distancia como variable explicativa del número promedio de conteos.

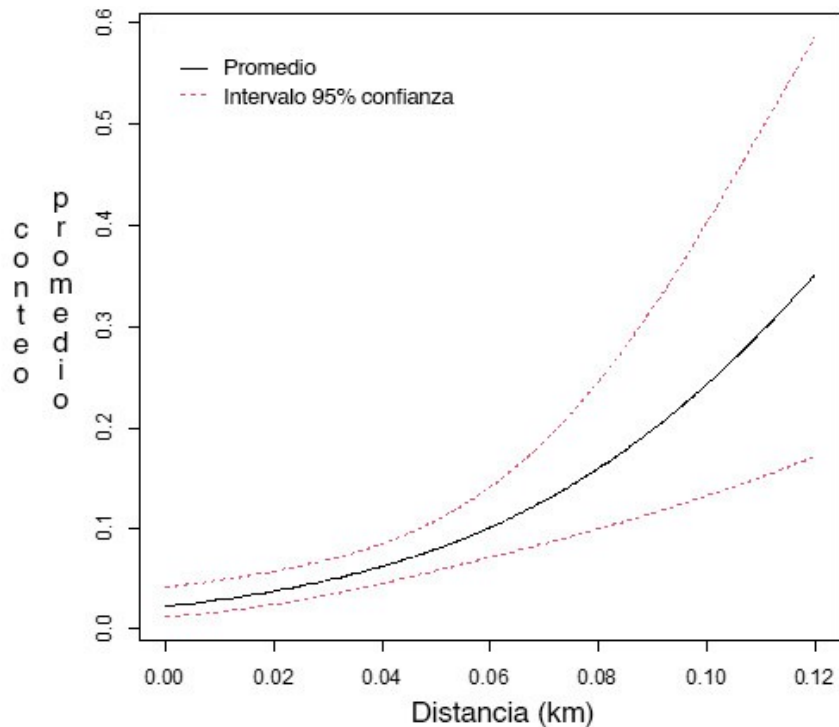
Manteniendo solo esta variable se prueba la parte binomial y se elimina zona de vida, ya que en la prueba LRT es marginalmente no significativa ( $p=0.053$ ) y hace que su eliminación permita que el modelo sea estimable. Al eliminar zona de vida, la prueba LRT no sugiere eliminar ninguna otra variable ( $p=0.01$  para elevación y  $0.02$  para distancia), sin embargo, ninguno de los coeficientes es significativo. Si se elimina elevación se logra hacer que el coeficiente de distancia sea significativo ( $p=0.02$ ), mientras que, si se elimina distancia el coeficiente de elevación sigue siendo no significativo ( $p=0.14$ ). Por lo tanto, el modelo final contiene distancia tanto en la parte de conteos como en la parte binomial, cuyos coeficientes se muestran en la Tabla 2 del anexo.

En general, se obtienen números de individuos en promedio mayores para bosque húmedo que para bosque muy húmedo, pero se debe considerar la existencia de un mayor número de puntos de conteo en el bosque húmedo. Hay una semejante disminución de la abundancia conforme aumenta la distancia al punto de liberación, sólo que para el bosque muy húmedo parece ser más marcada (anexo, Fig. 2).



**Fig. 6.** Curvas para las probabilidades estimadas de presencia de *Ara macao* para los conteos mensuales (en el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019) en función de la distancia al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

Se encuentra una disminución contundente sobre la probabilidad de presencia de los individuos de *A. macao* en vida libre conforme aumenta la distancia del punto de liberación, afín en las dos zonas de vida de bosque húmedo y muy húmedo (Fig. 6). Esta tendencia, según los datos obtenidos en los conteos mensuales promedio se refuerza conforme se va generando la información de campo a lo largo de las repeticiones mensuales, siendo la distancia la variable más determinante en la distribución espacial de la población (Fig. 7); criterio respaldado por los resultados obtenidos en el modelo estadístico.



**Fig. 7.** Curvas de los conteos mensuales promedios (en el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019) sobre la presencia de *Ara macao* en función de la distancia al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

## DISCUSION

### Abundancia Relativa

Trece años después de haber iniciado el proceso de reintroducción de *A. macao* en el sureste de la Península de Nicoya, el estudio demuestra la permanencia de una población en vida libre no inferior a los 70 individuos, basado en la estimación de los conteos mensuales promedio (Naranjo, 2000; MINAM, 2015; Denes et al., 2018). Al contemplar los porcentajes de supervivencia del 70% después de los primeros 5 años reportados en otras investigaciones afines (Brightsmith et al., 2005; Forbes, 2006; Varela & Janik, 2008), es factible sugerir que la reintroducción según esta primera valoración no es exitosa. Sin embargo, algunos autores sugieren que el uso de transectos al borde de vías representa una metodología factible para abarcar mayores áreas, pero se debe considerar que los hábitats cercanos a las carreteras pueden diferir de las áreas circundantes, lo que genera un sesgo sobre las estimaciones de abundancia (Denes et al., 2018). Otra consideración estaría representada por la participación de varios observadores capacitados en el conteo simultáneo, segunda metodología

implementada en el presente estudio, común y factible ante una especie de fácil reconocimiento como el *A. macao* (Ralph et al., 1996; Taylor, 2003; González-García, 2011). La cual generó una estimación poblacional de 191 individuos, a partir de un único evento, que podría ser considerado como referencia para una futura propuesta de investigación repitiendo la metodología implementada para corroborar su veracidad y no generar una inapropiada estimación de éxito a partir de una mala documentación (Brightsmith et al., 2003). Estimar la abundancia y el tamaño de la población es esencial para muchos estudios ecológicos y de conservación de loros, pero esto no deja de ser un desafío considerando que todos los métodos de estimación presentan suposiciones implícitas y explícitas (Buckland et al., 2008; Dénes et al., 2018). Para el presente estudio, los datos obtenidos representan una primera referencia sobre el estado de la población en vida libre de *A. macao*, partiendo de una región donde la especie había desaparecido ante lo abruptos cambios sobre su hábitat original (Vaughan 2011); pero que según valoraciones recientes de la Península de Nicoya, se muestra una notable recuperación de la cobertura vegetal y biodiversidad (SINAC, 2017), que a futuro podría favorecer la estabilidad y supervivencia de la población de *A. macao*.

### **Distribución Espacial**

La población de *Ara macao* reintroducida en el sureste de la Península de Nicoya muestra mayor afinidad por las zonas de vida tipo bosque húmedo tropical y bosque húmedo tropical transición a perhúmedo (anexo, Tabla 1), coincidiendo con estudios anteriores sobre la distribución de la especie en el Pacífico Central de Costa Rica (Stiles & Skutch, 2007; Vaughan, 2019). La ocurrencia en el bosque húmedo en esta área de la Península de Nicoya, está influenciada por la variable distancia, pues la mayor población se concentra a nivel de costas en los primeros 7 kilómetros del punto cero o sitio de liberación de los individuos, alcanzando los reportes más lejanos distancias de hasta 15 kilómetros, datos que son respaldados por los ámbitos de vida reportados para la especie (Forbes, 2006). En cuanto a la elevación, sin bien es cierto, que para *A. macao* se reporta un ámbito de distribución altitudinal de los 0 a los 1500 m.s.n.m (Janzen, 1991; Monge et al., 2012; Stiles & Skutch, 2007; Vaughan, 2019), la población en estudio mostró preferencia a zonas bajas cercanas a las costas con un ámbito entre los 0 a los 150 m.s.n.m. Desde luego, se debe considerar que

la elevación máxima dentro del Corredor Biológico Peninsular es 700 m.s.n.m., estando el corredor representado en un 85% por alturas menores a los 200 m.s.n.m. (SINAC, 2017).

En cuanto a la categoría de área abierta, su tendencia a mostrar la mayor cantidad de reportes (anexo, Tabla 1), no se aleja del amplio mosaico de hábitats reportados de uso común en poblaciones silvestres de *A. macao* (Marineros & Vaughan, 1995). Un último parámetro que posiblemente ha determinado la dinámica de la población reintroducida en el sureste de la Península de Nicoya es el recurso alimenticio, pues dentro del área de la distribución espacial se ha reportado cerca de treinta especies de plantas utilizadas en su dieta, de las cuales el 68% son nativas y el 32% exóticas (ASOPROLAPA, 2018; Henn et al., 2014; Forbes, 2006; Matuzak et al., 2008; Vaughan et al., 2006).

## CONCLUSIONES

A pesar de que las primeras estimaciones obtenidas en este estudio, sobre la reintroducción de *Ara macao* en el sureste de la Península de Nicoya no alcanzan cifras favorables de supervivencia para la especie, esta se ha mantenido presente por más 13 años (Revilla, 1998; Vaughan, 2006); e incluso con reportes sobre una actividad reproductiva que se ajusta a los criterios considerados como exitosos (Estrada, 2014; Rodríguez, 2014; Vaughan 2006), por ello se recomienda incluir dentro de la metodología el seguimiento de variables que valoren el posible éxito reproductivo de la especie.

Un factor que podría favorecer la estabilidad de la población de *A. macao*, más adelante, es el planteamiento y ejecución de legislaciones más estrictas que regulen la tenencia ilegal de la especie en cautiverio, el desarrollo de un ecoturismo sostenible que se beneficia ante la presencia del *A. macao* en vida libre y la presencia de organizaciones ambientales a nivel de la región (SINAC, 2017) que han permitido ir recuperando el hábitat original de la especie fuertemente impactado 60 años atrás (Vaughan, 2019). Para este caso, los individuos liberados y nacidos en vida libre de *A. macao* parecen haberse familiarizado ante un ambiente variable, con zonas de vida favorables, donde la distribución de la población claramente responde a los parámetros de elevación y distancia del punto de liberación.

Basado en lo anterior, es recomendable a mediano y largo plazo, establecer estudios paralelos entre la continuidad de la recuperación de la cobertura vegetal y el uso de hábitat

por *A. macao* como bioindicador, a partir de su estimación poblacional y distribución espacial. Es factible tomar como base la metodología implementada por esta investigación, la cual ha mostrado ser eficaz para estudios con avifauna, siempre y cuando se mantengan las variables establecidas en un inicio (MINAM, 2015; Ralph et al., 1996).

## REFERENCIAS

- Aprile, G., & Bertonatti, C. (1996). *Manual sobre rehabilitación de fauna*. Boletín técnico N° 31. Buenos Aires, Argentina; Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Arias, V. (2003). Plan de manejo: zoológico en vías de extinción: una alternativa de conservación en la Península de Nicoya. Playa Tambor, Puntarenas, Costa Rica: Asociación Pro Conservación de la Lapa Roja (ASOPROLAPA).
- Arias, V. (2006). Plan de liberación: elasticidad de la Lapa Roja (*Ara macao*) para colonizar un hábitat natural vs hábitat alterado. Playa Tambor, Puntarenas, Costa Rica: Asociación Pro Conservación de la Lapa Roja (ASOPROLAPA).
- Arias, V. 2018. Bitácora de Campo XII.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja). (2018). Plan de manejo: Zoológico de psitácidos para reproducción, rehabilitación y reintroducción como una alternativa de conservación en la Península de Nicoya, Playa Pochote, Puntarenas, Costa Rica.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja)–MINAE (2006). Bitácora del Proyecto #1. Periodo del 01 de febrero 2006 al 31 de octubre 2010, Puntarenas, Costa Rica.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja)–MINAE. (2009). Bitácora del proyecto #2. Periodo del 01 de noviembre 2010 al 29 de diciembre 2016, Puntarenas, Costa Rica.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja)–MINAE. (2019). Informe Trimestral Post Liberación AACR–046–2019. Periodo del 16 de junio al 15 de septiembre 2019, Puntarenas, Costa Rica.
- Brightsmith, D., Hilburn, J., Del Campo, A., Boyd, J., Frisius, M., Frisius, R. Janik, D., & Guillen, F. (2003). *Supervivencia y reproducción de guacamayos escarlatas (Ara macao) criados a mano en el estado silvestre*. Recuperado de [http://vetmed.tamu.edu/macawproject/wp-content/uploads/sites/45/2019/03/reintroduccion\\_ara\\_macao\\_2003.pdf](http://vetmed.tamu.edu/macawproject/wp-content/uploads/sites/45/2019/03/reintroduccion_ara_macao_2003.pdf).

Brightsmith, D., Hilburn, J., Del Campo, A., Boyd, J., Frisius, M., Frisius, R. Janik, D., & Guillen, F. (2005). The use of hand-raised psittacines for reintroduction: A case study of scarlet macaws (*Ara macao*) in Peru and Costa Rica. *Biological Conservation*, *121*, 465–472. DOI:10.1016/j.biocon.2004.05.016

Buckland, S.T., Marsden, S.J., & Green, R.E. (2008). Estimating bird abundance: making methods work. *Bird Conservation International*, *18*, 91–108. DOI:10.1017/S0959270908000294

Carrillo, E., & Vaughan, C. (1994). *La vida silvestre de Mesoamerica: Diagnóstico y estrategia para su conservación*. Editorial Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Centro Nacional de Información Geoambiental (CNIG). (2008). Zonas de vida de Holdrige. Recuperado de <http://18.218.14.134:8080/geoserver/wfs?request=GetCapabilities>.

Chacón, G.S., & Janik, D. (1999). Técnicas de liberación gradual para avifauna nativa en La Garita, Costa Rica. In Drews, C. (Ed.), *Rescate de Fauna en el Neotrópico*. Humane Society International (pp. 415–425). Washington D.C., USA.

Deem, S., Karesh, W., & Uhart, M. (2001). Salud de fauna silvestre en reintroducciones: lo bueno, lo malo y lo evitable. En *V Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica* (pp. 346–349). Cartagena de Indias, Colombia.

Dénes, F.V., Tellaa, J.L., & Beissingerb, S.R. (2018). Revisiting methods for estimating parrot abundance and population size. *EMU–Austral Ornithology*, *118*(1), 67–79. DOI: <https://doi.org/10.1080/01584197.2017.1401903>

Espunyes, J. (2012). *Reintroducción de especies amenazadas: Problemáticas y recomendaciones*. IUCN: Boletín del Estado BOE–A–2011–3582. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.

Estrada, A. (2014). Reintroduction of the scarlet macaw (*Ara macao cyanoptera*) in the tropical rainforests of Palenque, Mexico: Project design and first year progress. *Tropical Conservation Science*, *7*(3), 342–364.

Falconi, F. (2011). *Densidad y abundancia relativa de aves y mamíferos en el sector sur de la Reserva de la Biosfera Montes Azules y comunidades adyacentes de la Selva Lacandona, Chiapas, México*. [Tesis de licenciatura en biología, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, México]. URL, [https://www.academia.edu/3604812/Densidad\\_y\\_abundancia\\_relativa\\_de\\_aves\\_y\\_mam%C3%ADferos\\_en\\_el\\_sector\\_sur\\_de\\_la\\_Reserva\\_de\\_la\\_Biosfera\\_Montes\\_Azules\\_y\\_comunidades\\_adyacentes\\_de\\_la\\_Selva\\_Lacandona\\_Chiapas\\_M%C3%A9xico](https://www.academia.edu/3604812/Densidad_y_abundancia_relativa_de_aves_y_mam%C3%ADferos_en_el_sector_sur_de_la_Reserva_de_la_Biosfera_Montes_Azules_y_comunidades_adyacentes_de_la_Selva_Lacandona_Chiapas_M%C3%A9xico)

Forbes, D. (2006). Reintroducción exitosa de la lapa roja (*Ara macao*) en los bosques secos y húmedos de Costa Rica: supervivencia, movimientos y dieta. En *Primer simposio mesoamericano de Psittaciformes*, IX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación (pp. 96–103), La Ceiba, Honduras.

- González–García, F. (2011). Métodos para contar aves terrestres. En *manual de técnicas para el estudio de la fauna* (pp. 86–123). Querétaro, Mexico: Universidad Autónoma de Querétaro–Instituto de Ecología. A. C.
- Griffith, B., Scott, J.M., Carpenter, J.W., & Reed, C. (1989). Translocation as a species conservation tool: status and strategy. *Science*, *245*, 477–480.
- Henn, J., McCoy, M. & Vaughan, C. (2014). Beach almond (*Terminalia catappa*, Combretaceae) seed production and predation by scarlet macaws (*Ara macao*) and variegated squirrels (*Sciurus variegatoides*). *Revista de Biología Tropical*, *62*(3), 929–938.
- Heredia, B. (1992). Reintroducción de especies y reforzamiento de poblaciones en la conservación de aves en España. *Ardeola*, *39*(2), 41–47.
- Higgins, K. (1999). Scarlet Macaw Release. Zoo Ave Wildlife Conservation Park. Notas de campo.
- Hilburn, J., Higgins, K., & Janik, D. (1998). *Nature restoration foundation release methods: A comparison*. Center for Release, Scientific, Zoo Ave Wildlife Conservation Park & Nature Restoration Foundation. Notas de campo.
- Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (ING). (2020). Curvas de nivel. Recuperado de [http://geos.snitcr.go.cr/be/IGN\\_1/wfs?](http://geos.snitcr.go.cr/be/IGN_1/wfs?).
- IUCN. (2013). *Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. Version 1.0*. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission.
- Janzen, H.D. (1991). *Ara macao*. En *Historia Natural de Costa Rica* (pp.558–560). San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Lambert, D. (1992). Zero–inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. *Technometrics*, *34*, 1–14. DOI:10.1080/00401706.1992.10485228.
- Long, J.S. (1997). *Regression models for categorical and limited dependent variables*. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications.
- Marineros, L., & C. Vaughan. (1995). Scarlet Macaws in Carara: Perspectives for management. In Abramson, J., Speer, B.L., and Thomsen, J.B. (Eds.), *The large macaws their care, breeding and conservation* (pp. 445 – 467). Fort Bragg, California: Raintree Publications.
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., & Gleiser, R. (2012). Manual de ecología poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (Biología) – Serie Ecología*, *5*(1), 1–31.



- Matuzak, G.D., Bezy, M.B., & Brightsmith, D.J. (2008) Foraging ecology of parrots in a modified landscape: Seasonal trends and introduced species. *The Wilson Journal of Ornithology*, 120(2), 353–365. DOI: 10.1676/07–038.1.
- MINAE. (1992). Ley de conservación de la vida silvestre N° 7317. La Gaceta: Alcance N° 235. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica.
- MINAE. (2005). Reglamento a la ley de conservación de la vida silvestre N° 32633. La Gaceta: Alcance N° 180. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica.
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- Monge, G., Chassot, O., Ramírez, O., Alemán, I., Figueroa, A., & Brenes, D. (2012). Temporada de nidificación 2009 de *Ara ambiguus* y *Ara macao* en el Sureste de Nicaragua y Norte de Costa Rica. *Zeledonia*, 16(1), 3–14.
- Naranjo, E.J. (2000). Estimaciones de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical. En Cabrera, E., Mercolli, C., & Resquín, R. (Eds.), *Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre* (pp. 37–46). Paraguay: Fundación Moisés Bertoni, Universidad de Florida.
- Nassar, F. (1999). La liberación como alternativa técnica para el manejo y disposición de animales silvestres En *Rescate de fauna en el Neotrópico: Iniciativas y perspectivas* (pp. 453–463). Heredia, Costa Rica; Editorial Universidad Nacional.
- Navarro, E. (2005). *Abundancia relativa y distribución de los indicios de las especies de mamíferos medianos en dos coberturas vegetales en el santuario de flora y fauna Otún Quimbaya, Pereira, Colombia*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Olah, G., Butchart, S. H., Symes, A., Guzmán, I. M., Cunningham, R., Brightsmith, D. J., & Heinsohn, R. (2016). Ecological and socio-economic factors affecting extinction risk in parrots. *Biodiversity and Conservation*, 25, 205–223.
- Ralph, J., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., De Sante, D., & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*, General Technical Report PSW-GTR-159. California, USA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, Department of Agriculture.
- Renton, K., Hernández, P., Hernández, E., & Araujo, L. (2009). *Programa de acción para la conservación de la especie: Guacamayo Rojo (Ara macao cyanoptera)*. D.F., México: Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas, SEMARNAT-INE.
- Revilla, E. (1998). Estrategias de conservación en vertebrados: El papel de la conservación ex situ. Revisión en Mastozoología. *Galemys*, 10(1), 20–31.

- Rodríguez, N. (2014). *Los retos de la reintroducción de la guacamaya roja*, Boletín AMC /307/14. D.F., México; Academia Mexicana de Ciencias.
- Serio, J.C. (2011). La translocación y reintroducción en el manejo y conservación de las especies. En Tessaro S.G. & González, C.L. (Eds.), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (pp. 221–234). Querétaro, Mexico: Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). (2016). *Corredor biológico peninsular: Análisis de fragmentación y rutas de conectividad estructural*. San José, Costa Rica.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). (2017). *Diagnóstico del Corredor Biológico Peninsular*. San José, Costa Rica.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). (2017). *Plan de gestión del corredor biológico peninsular 2017–2022*. San José, Costa Rica.
- Stiles G., & Skutch A. (2007). *A guide to the birds of Costa Rica*. Heredia, Costa Rica: INBio.
- Taylor, R. (2003). ¿Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales? *Agroforestería en las Américas*, 10(39–40), 117–123.
- Varela, I. & Janik, D. (2008). Reintroducción de la lapa roja (*Ara macao*) en playa San Josecito, Golfito. *Stapfia* 88, zugleich Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen Neue Serie, 80, 725–731.
- Vaughan, C. (2006). Ventajas y desventajas de las reintroducciones de vida silvestre. *Mesoamericana*, 10(2), 88–95.
- Vaughan, C., Nemeth N., & Marineros L. (2006). Scarlet Macaw, *Ara macao*, (Psittaciformes: Psittacidae) diet in Central Pacific Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54(3): 919–926.
- Vaughan, C., Bremer, M., & Dear, F. (2009). Scarlet Macaw (*Ara macao*) (Psittaciformes: Psittacidae) parental nest visitation in Costa Rica: Implications for research and conservation. *Revista de Biología Tropical*, 57(1–2): 395–400.
- Vaughan, C. (2011). Changes in dense forest habitat for endangered wildlife species in Costa Rica from 1949 to 1977. *UNED Journal of Research*, 3(1), 99–161. DOI:<https://doi.org/10.22458/urj.v3i1.213>
- Vaughan, C. (2019). Conservación de la lapa roja (*Ara macao*) con manejo in situ en el Pacífico Central de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(2): 166–188. DOI:<https://doi.org/10.15359/rca.53-2.10>.

## Anexo

TABLA 1  
Categorización de las rutas y puntos de conteo para *Ara macao* en el área de estudio localizada al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica (2019).

Ruta Número	Punto Número	Tipo de Hábitat	Zona de Vida	Coordenadas	
				Latitud (+)	Longitud (-)
1	1	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7548	85,0023
	2	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7492	84,9886
	3	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical	9,7663	84,9825
	4	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7726	84,9716
	5	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7766	84,9561
	6	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7841	84,9410
	7	Área de Costa	Bosque Húmedo Tropical	9,7875	84,9253
	8	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical	9,7999	84,9397
	9	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,8071	84,9524
	10	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,8213	84,9280
	11	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical	9,8113	84,9180
	12	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7871	84,9335
	13	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,8279	84,9269
	14	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,8197	84,9508
	15	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical	9,8190	84,9661
2	1	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical	9,7687	85,0065
	2	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7771	85,0202
	3	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical Transición a Perhúmedo	9,743	83,0303
	4	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical Transición a Perhúmedo	9,7284	85,0219
	5	Área Abierta	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,7180	85,0405
	6	Borde de Bosque	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,7246	83,0534
	7	Bosque Ribereño	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,7044	85,0496
3	1	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical	9,7283	85,0298
	2	Borde de Bosque	Bosque Húmedo Tropical	9,7221	84,0211
	3	Área de Costa	Bosque Húmedo Tropical	9,7187	85,0185
	4	Área de Costa	Bosque Húmedo Tropical	9,6996	85,0029
	5	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7048	85,0213
	6	Área de Costa	Bosque Húmedo Tropical	9,6918	85,0184
	7	Área Abierta	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,7023	85,0451
	8	Área Abierta	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,6936	85,0609
	9	Área Abierta	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,6991	85,0731
	10	Área Abierta	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,7136	85,0862
	11	Área Abierta	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,7316	85,0808
	12	Área Abierta	Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal	9,7488	85,0875
	13	Área Abierta	Bosque Húmedo Tropical	9,7593	85,1060

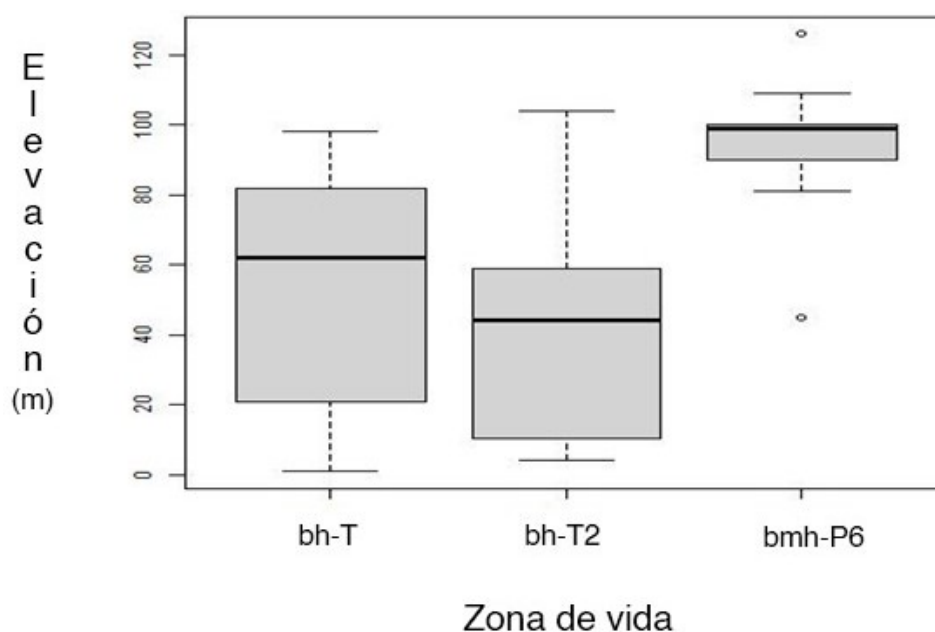
TABLA 2

Resultados del modelo de conteo inflado por ceros con distribución binomial negativa, del conteo mensual promedio durante el periodo de la mañana para *Ara macao* eliminando la variable de hábitat (en el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019); estudio realizado al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

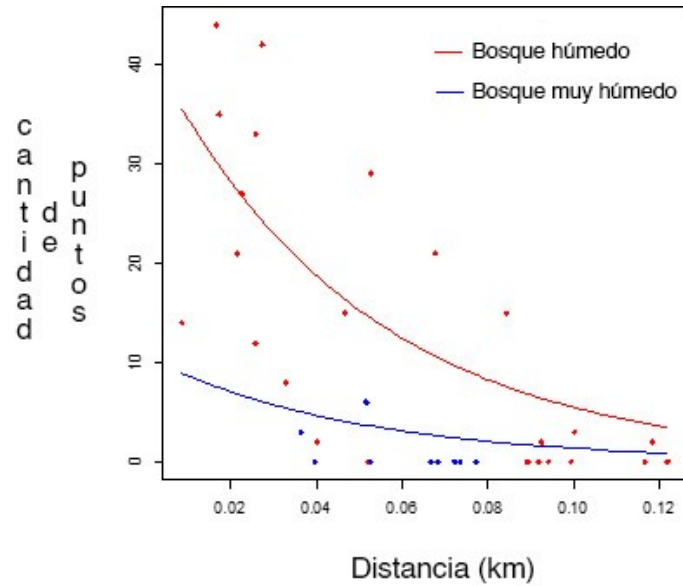
Coeficientes del Modelo de Conteo				
	Estimación	Error Estándar	Valor Z	Pr (> /z/)
Intercepto	3.7532	0.3766	9.966	<2e-16
Distancia	-26.1563	7.2403	-3.613	0.000303
Log (theta)	0.3164	0.4248	0.745	0.456309

Coeficientes del Modelo Inflado por Ceros				
	Estimación	Error Estándar	Valor Z	Pr (> /z/)
Intercepto	-3.144	1.194	-2.632	0.00848
Distancia	36.393	15.988	2.276	0.02283



**Fig. 1.** Promedios de elevación para cada zona de vida dentro del área de estudio de *Ara macao*, según las rutas del conteo por puntos en el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica (2019). **Simbología:** bh-T: bosque húmedo tropical; bh-T2: bosque húmedo tropical transición a perhúmedo, y bmh-P6: bosque muy húmedo premontano transición a basal.



**Fig. 2.** Curvas estimadas de la abundancia de *Ara macao* en función de la distancia (km) para cada uno de los conteos por puntos mensual promedio (realizado durante el periodo de diciembre 2018 a mayo 2019), de acuerdo a las categorías de zona de vida [bosque húmedo (bh-t y bh-t2) y bosque muy húmedo (bmh-P6)] en el Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. **Nota:** Los puntos rojos representan los conteos con cero observaciones.

## ARTÍCULO II

### Objetivo abarcado:

Analizar la composición genética de la población de lapas rojas liberadas por parte del proyecto en el sureste de la Península de Nicoya y compararla con la de poblaciones silvestres.

### Título:

Caracterización genética de la población de Lapa Roja (*Ara macao*) en el sureste de la península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

### Autores:

Vernun Arias-Vega\*<sup>1</sup>, Gustavo Gutiérrez Espeleta<sup>2</sup> & Otto Monge Solano<sup>3</sup>

### Afiliaciones de los autores:

1. Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA, Puntarenas, Costa Rica; [venonarias@yahoo.com](mailto:venonarias@yahoo.com)

2. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; [gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr](mailto:gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr)

3. UniWien-Fakultät für Lebenswissenschaften, University of Vienna, Austria; [monge\\_otto@hotmail.com](mailto:monge_otto@hotmail.com)

### Formato del artículo:

El formato del artículo sigue las instrucciones para someterlo a revisión en la Revista Biología Tropical de la Editorial Universidad de Costa Rica.

## Caracterización genética de la población reintroducida de lapa roja (*Ara macao*) en el sureste de la península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica

Vernun Arias-Vega\*<sup>1</sup>, Gustavo Gutiérrez Espeleta<sup>2</sup> & Otto Monge Solano<sup>3</sup>

1. Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA, Puntarenas, Costa Rica; [venonarias@yahoo.com](mailto:venonarias@yahoo.com)
2. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; [gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr](mailto:gustavo.gutierrez@ucr.ac.cr)
3. Vienna Doctoral School of Ecology and Evolution (VDSEE), University of Vienna, Althanstraße 14 1090 Vienna, Austria; [monge\\_otto@hotmail.com](mailto:monge_otto@hotmail.com)

\* Correspondencia

**Resumen: Introducción.** El uso de individuos cautivos en procesos de reintroducción como estrategia de conservación es común en proyectos de la región, por ello, es indispensable realizar las evaluaciones previas sobre su composición genética. Evitando así, posibles repercusiones sobre la estabilidad de las poblaciones en vida libre. **Objetivo.** Evaluar los patrones genéticos de la población cautiva de lapa roja seleccionada en preliberación y realizar un análisis de asignación genético para determinar el grado de pertenencia de los individuos reintroducidos con respecto a las poblaciones silvestres. **Métodos.** Se extrajeron muestras de sangre a 31 individuos jóvenes nacidos en cautiverio antes de ser liberados. ADN nuclear fue aislado de las muestras para amplificar siete marcadores microsatélite que fueron utilizados en un análisis de variabilidad genética y para determinar si los individuos han sufrido efectos genéticos característicos de una población fundadora, mediante un análisis de cuello de botella genético. Se determinaron las relaciones de parentesco entre los individuos, en conjunto con una estimación de los niveles de endogamia. Finalmente, mediante un análisis de estructura genética se relacionaron los individuos a liberar con individuos de dos poblaciones silvestres de lapa roja en el Pacífico de Costa Rica. **Resultados.** Se determinó una variabilidad genética ( $H_o=0.677$ ,  $N_A=7.714$ ) con valores afines a poblaciones en vida libre de *A. macao* en la región. No hay evidencia de cuello de botella y endogamia. Se reporta un alto porcentaje de individuos no emparentados y una mayor afinidad genética con la población silvestre de lapa roja del Pacífico Sur de Costa Rica. **Conclusiones.** La composición genética de la población de lapas a reintroducirse no compromete la viabilidad del proyecto, más aún, ante la ausencia de una población nativa.

**Abstract: Introduction.** The use of captive individuals in reintroduction processes as a conservation strategy is common in projects in the region, therefore, it is essential to carry out prior evaluations of their genetic composition. This avoiding possible repercussions on the stability of populations in free life. **Objective.** Evaluate the genetic patterns of the captive population of scarlet macaw selected in pre-release and perform a genetic assignment analysis to determine the degree of belonging of the reintroduced individuals with respect to the wild populations. **Methods.** Blood samples were drawn from 31 young captive-born individuals prior to their release. Nuclear DNA was isolated from the samples to amplify seven microsatellite markers that were used in an analysis of genetic variability and to determine whether individuals have suffered genetic effects characteristic of a founder population, using a genetic bottleneck analysis. The kinship relationships between the individuals were determined, together with an estimate of the levels of inbreeding. Finally, by means of a genetic structure analysis, the individuals to be released were related to individuals from two wild populations of scarlet macaw in the Pacific of Costa Rica. **Results.** A genetic variability was determined ( $H_o = 0.677$ ,  $N_A = 7.714$ ) with values related to populations in free life of *A. macao* in the region. There is no evidence of bottleneck and inbreeding. A high percentage of unrelated individuals and a greater genetic affinity with the wild population of the scarlet macaw of the South Pacific of Costa Rica is reported. **Conclusions.** The genetic composition of the limpet population to be reintroduced does not compromise the viability of the project, even more so in the absence of a native population.

**Key words:** reintroduction, genetic variation, scarlet macaw, conservation genetics.

**Total words: 5650**

## INTRODUCCION

La viabilidad de una reintroducción se basa, en parte, en las cualidades recuperadas por los individuos para adaptarse y sobrevivir a ese nuevo sitio nativo (Espunyes, 2012; Heredia, 1992; Nassar, 1999; Revilla, 1998; Vaughan 2006). Así como, en la condición saludable de los animales evitando posibles impactos negativos a la población en vida libre o al medio ambiente (Aprile & Bertonatti, 1996; Deem et al. 2001; Serio, 2011). Una forma de asegurarse esta condición sería contemplando, que la variabilidad genética de los



individuos que se van a reintroducir sea afin a la población original que allí naturalmente existió (Heredia, 1992; Soriguer *et al*, 1998). Adicionalmente, el proceso de reproducción en cautiverio previo a la liberación deberá contemplar medidas para evitar la endogamia y la deriva génica que se puede generar en poblaciones pequeñas tales como las fundadas por pocos individuos en cautiverio (Hedrick & Kalinowski, 2000; Willoughby *et al*, 2015).

El proceso de selección de los individuos debe ser riguroso y debe estar incluido en el planteamiento de cualquier proceso que considere la implementación de este tipo de herramienta de conservación, claramente definido por la Comisión para la Supervivencia de las Especies (Serio, 2011), conformada por la Unión Mundial para la Conservación (Heredia, 1992; IUCN, 2013). Esta entidad considera la diversidad genética como uno de los tres niveles necesarios para conservar la biodiversidad (UICN 2013), puesto que los estudios sobre la variabilidad genética poblacional deben ser un requisito obligatorio en los proyectos de reintroducción (Frankham, 2010). Para *Ara macao*, la única evaluación de individuos en estado de cautiverio se llevó a cabo en Costa Rica, aunque con un tamaño de muestra muy bajo de solamente 16 individuos (Nader *et al*. 2009). Recientemente, Monge *et al*. (2016) realizaron la primera evaluación del estado genético de poblaciones silvestres de esta especie en Costa Rica. A pesar de esto, no todos los proyectos de reintroducción en el país cuentan con información suficiente o seguimiento de la variabilidad genética de sus poblaciones en cautiverio.

En el año 2007, implementando el método de liberación pasiva “soft release” (Chacón & Janik, 1999; Higgins, 1999 unpublished report; Hilburn *et al*, 1998 unpublished report), se inicia con el proceso de liberación de las primeras 10 lapas rojas. En un plazo de 11 años, a partir, de actividades de liberaciones individuales hasta de grupos de 58 aves, se logró alcanzar para finales del año 2018 un total de 158 individuos (89 machos, 69 hembras) reintroducidos (ASOPROLAPA-MINAE, 2018; ASOPROLAPA-MINAE, 2019). En el presente caso, se evaluará la composición genética de la población de *A. macao*, reintroducida en el sureste de la Península de Nicoya por la Asociación Conservacionista para la Conservación de la Lapa Roja (ASOPROLAPA), quien por más de 20 años ha trabajado con la reproducción en cautiverio de la especie (Arias, 2003). Se pretende descartar, si existe alguna posible repercusión sobre la estabilidad de las poblaciones en vida libre. A partir, de la evaluación de los patrones genéticos de la población cautiva seleccionada en

preliberación, así como, el grado de pertenencia de los individuos reintroducidos con respecto a las poblaciones silvestres.

## MATERIALES Y METODOS

### **Colecta de Muestras**

La colecta de muestras se realizó en marzo 2017. Se extrajo sangre de 31 individuos en cautiverio ubicados en el Área de Preliberación de ASOPROLAPA durante la ejecución del protocolo de evaluación clínico veterinario para la verificación de no presencia de patógenos en la población (Liza et al. 2008), de manera previa a la liberación de los individuos realizada el 16 de febrero del 2018. Este grupo representaba el 37% de la población total en cautiverio en ese momento.

La técnica de extracción y conservación de la sangre aplicada para el presente estudio fue a través del corte de la uña, de uso común en reptiles y aves (Uhart & Zaccagnini, 1999). Para el caso de las lapas rojas ha sido exitosa debido a la rápida manipulación del animal y recuperación de la uña sin ningún problema, por observaciones anteriores (Eduardo Ruíz, com. pers.).

Una vez inmovilizada el ave, se procede a la desinfección de la uña con alcohol de 90° y corte para la obtención de la sangre; la primera gota se descarta y luego se colectan las siguientes gotas con un tubo capilar con anticoagulante EDTA K2 Dipotásico (al menos 0.5 ml), posterior a la toma de la muestra necesaria, se aplica un polvo hemostático o una barra de nitrato de plata para favorecer la coagulación (Uhart & Zaccagnini, 1999).

### **Extracción de ADN**

A partir de las 31 muestras de sangre, se procedió a la extracción del ADN en el Laboratorio de Genética para la Conservación de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. El ADN se extrajo utilizando el kit DNeasy Blood & Tissue (Qiagen), con modificaciones (Gebhardt & Waits, 2008), de acuerdo, al protocolo Monge et al. (2016).

### **Aplicación de Marcadores Moleculares y Perfiles de PCR**

El ADN extraído se analizó utilizando siete marcadores microsatélites. Gebhardt & Waits (2008a) diseñaron nuevas secuencias de iniciadores a partir de loci microsatélites desarrollados anteriormente para *Amazona guildingii* (Russello et al. 2001, 2005) y para *Ara*

*ararauna* (Caparroz et al. 2003). Gebhardt & Waits (2008a) rediseñaron estos iniciadores para amplificar fragmentos cortos de ADN (<250bp) y trabajar en PCR Multiplex con el fin de aumentar el éxito de amplificación. De estos, se escogieron para trabajar, siete pares de iniciadores de los cuales seis fueron corridos en reacciones de PCR en Multiplex en dos grupos separados (Multiplex A y Multiplex B). El marcador restante se corrió en Singleplex dado que, de esta manera, aumentó el éxito de amplificación. Para lidiar con la presencia de errores de genotipo tales como alelos fantasmas, alelos falsos o alelos ausentes (Taberlet et al. 1996) se repitieron tres veces los genotipos no convincentes y también todos los homocigotos.

Para todas las reacciones de PCR se utilizó el Kit Multiplex PCR de Qiagen® con volúmenes finales de 9µl. Estos volúmenes incluyeron: 0,625µl de cada par de iniciadores y 3,125µl de Master Mix con solución Q, a lo que se le añadió 4µl de extracto de ADN (~20ng/µl). Las concentraciones de los iniciadores en las reacciones de PCR fueron las siguientes: Multiplex A, 0.4µM UnaCT21, 0.3µM UnaCT43 y 0.5µM UnaCT74; Multiplex B, 0.6µM UnaCT41, 0.3µM AgGT17, 0.3µM AgGT21; reacciones Singleplex, 0.3µM AgGT19.

Se basó en Gebhardt & Waits (2008a) para realizar las reacciones en Multiplex “touchdown” con las siguientes condiciones de temperatura: Multiplex A, desnaturalización inicial a 95°C por 15min seguido de 14 ciclos de “touchdown” de 95°C por 30 seg, 60°C de temperatura de anillamiento (disminuyendo 0.5°C por ciclo) por 30 seg y 72°C por 1 min, luego 27 ciclos con las mismas condiciones, pero con una temperatura de anillamiento de 53.5°C, y una extensión final de 72°C por 3min; Multiplex B, desnaturalización inicial de 95°C por 15min, 6 ciclos de 94°C por 30 seg, 60°C temperatura de anillamiento, con una disminución de 0.5°C por ciclo, por 1.5min y 72°C por 1min, seguido de 28 ciclos con las mismas condiciones pero con una temperatura de anillamiento de 57°C y una extensión final de 60°C por 30min; las reacciones en Singleplex, se corrieron con perfiles iguales a los del Multiplex B pero con 30 ciclos después del touchdown en vez de 28. Los fragmentos de ADN fueron separados en un Analizador Genético ABI 3130 (Applied Biosystems) y posteriormente interpretados con el programa GeneMarker versión 2.4 (Softgenetics).

## **Análisis de Datos**

### *Parámetros de Variabilidad Genética*

Se procedió a evaluar la variabilidad genética de la población de lapas rojas de ASOPROLAPA. Para ello se buscó detectar desviaciones al equilibrio Hardy-Weinberg (EHW), así como desequilibrio de ligamiento; para lo cual se utilizó el programa GENEPOP v4.7 (Rousset, 2008), ajustando los valores-p a la corrección de Bonferroni. Los parámetros para cada uno de los análisis se establecieron en 10 000 desmemorizaciones, 20 batches y 5000 iteraciones por batch.

Para el cálculo de frecuencias alélicas, porcentaje de loci polimórficos, riqueza alélica y heterocigosidad observada (HO) y esperada no sesgada (UHE), en cada locus microsatélite, se utilizó el software GENALEX v6.502 (Peakall & Smouse, 2012). Se seleccionó la UHE en lugar de la heterocigosidad convencional ya que presenta mayor exactitud y precisión en tamaños de muestra pequeños (Pruett & Winker, 2008).

Con el fin de detectar si esta población reproducida en cautiverio ha sufrido los efectos de deriva génica, se realizó un análisis de cuello de botella genético. Se estimó la probabilidad de un exceso de heterocigotos mediante las distintas pruebas y modelos mutacionales disponibles en el programa BOTTLENECK v1.2.02 (Piry et al. 1999). Para el modelo mutacional de dos fases (TPM), se parametrizó el análisis para contener 70% de mutaciones de acuerdo con el modelo mutacional paso a paso (SMM). El número de iteraciones corridas para estos análisis fue de 1000. Asimismo, con este mismo programa se calculó el cambio en la moda de las frecuencias alélicas, lo cual es indicativo de un cuello de botella.

#### *Diferenciación Genética y Asignación Poblacional*

Se estimó la probabilidad de afinidad genética de los 31 individuos muestreados en ASOPROLAPA contra 41 muestras de individuos del Pacífico Central y 55 muestras de individuos del Pacífico Sur de las de poblaciones silvestres en Costa Rica obtenidas en una investigación de campo anterior (Monge et al. 2016). Se realizó un análisis de asignación poblacional mediante el algoritmo Bayesiano descrito por Pritchard et al. (2000), implementado en el programa STRUCTURE v2.3.4 (Earl & Vonholdt, 2012; Falush et al. 2003). Los parámetros del programa fueron establecidos adaptando los utilizados en otros estudios de guacamayas (Monge et al. 2016; Rivera-Ortíz et al. 2017), descritos a continuación. Se empleó el modelo de mezcla con las frecuencias alélicas correlacionadas

sin información previa de localidad, una duración del periodo de quema de 500 000, un número de repeticiones Cadenas Markovianas de Monte Carlo (MCMC) de 1 000 000, 10 ejecuciones de repetición independientes para cada K y con un ámbito de 1–10. Se estableció como 2 el número de grupos genéticos (K; correspondientes a Pacífico Central y Sur) para determinar el porcentaje de afinidad genética de las lapas de ASOPROLAPA con respecto a las lapas de ambas poblaciones silvestres. El análisis de STRUCTURE utilizó la función LOCPRIOR para incluir la información de localidad para cada población y para el análisis de asignación poblacional se utilizó la función POPFLAG.

Adicionalmente, se calculó el índice de fijación ( $F_{ST}$ ) para determinar el grado de diferenciación genética entre las lapas rojas liberadas por ASOPROLAPA y las lapas rojas provenientes de las poblaciones silvestres del Pacífico Central y Sur, mediante un análisis molecular de varianza (AMOVA). El estimador  $F_{ST}$  puede recibir valores entre 0 (no hay diferenciación genética entre las poblaciones) y 1 (total diferenciación). Este análisis se llevó a cabo en GENALEX corriendo 999 permutaciones.

#### *Parentesco y Endogamia*

Con el fin de determinar el grado de parentesco entre los individuos, se realizó un análisis para calcular la relación entre todos los pares de individuos. Para esto, se utilizó el estimador de probabilidad triádico (TrioML; Wang 2007) del programa COANCESTRY. Los emparejamientos entre los individuos se asignaron a cuatro categorías según el resultado del estimado de relación, de la siguiente manera: 0 = Sin Relación, 0.125 = Primos, 0.25 = Medios Hermanos, 0.5 = Hermanos/Padre–Hijo. Se determinó la endogamia dentro de la población o poblaciones de lapa roja a través del coeficiente de endogamia ( $F_{is}$ ); con el método de Weir & Cockerham (1984). El  $F_{is}$  fue calculado con el programa FSTAT v2.9.3.2 (Goudet, 2001). Valores positivos de este coeficiente representan exceso de homocigotos mientras que valores negativos un déficit de estos. Además, se calcularon los coeficientes de endogamia  $F_{Ritland}$  (Ritland, 1996) y  $F_{LynchRd}$  (Lynch & Ritland, 1999) a través del programa COANCESTRY v1.0.1.5 (Wang 2011). Se establecieron en 1000 las réplicas para el Bootstrap, con intervalos de confianza al 95%.

## RESULTADOS

### Variabilidad Genética

Para todas las muestras fue posible amplificar los siete marcadores moleculares tipo microsatélites empleados. Solamente el marcador UnaCT43 mostró desviaciones al HWE luego de ajustar los valores-p a la corrección de Bonferroni ( $\alpha$  ajustado = 0.05/7). Se observó desequilibrio de ligamiento entre las parejas de loci UnaCT21 y UnaCT74, entre AgGT17 y UnaCT21, UnaCT43, UnaCT41 y UnaCT74 y entre los loci UnaCT43 y AgGT21, corrigiendo los valores-p ( $\alpha$  ajustado = 0.05/21).

La variabilidad genética a través de los siete marcadores fue relativamente alta. La heterocigosidad observada entre los marcadores varió de 0.258 a 0.935, con una media de 0.677 (EE = 0.089) para la población (Tabla 7). Por su parte, la heterocigosidad esperada varió de 0.260 a 0.918, donde el promedio fue de 0.692 (EE = 0.085). El porcentaje de polimorfismo a través de los marcadores fue de 100% y el número de alelos observado en los marcadores varió de 3 a 14, con una media de 7.714 (Tabla 1).

Los resultados obtenidos con las pruebas estadísticas demuestran que no hay evidencia de efectos de cuello de botella en las lapas estudiadas (Tabla 2).

### Diferenciación Genética y Asignación Poblacional

Como se muestra en el Tabla 3, la mayor parte de la variación genética de todos los individuos considerados para el AMOVA (criados en cautiverio y silvestres) se encuentra a nivel de cada individuo. Un menor porcentaje corresponde a variación genética entre individuos de las distintas poblaciones y menor aún entre las tres poblaciones. Los valores del Índice de Fijación ( $F_{st}$ ) son bajos, pero muestran que las lapas rojas de ASOPROLAPA se diferencian genéticamente más de las lapas rojas silvestres del Pacífico Central y menos de las lapas rojas del Pacífico Sur (Tabla 4).

TABLA 1

Resultados de variabilidad genética de acuerdo a siete marcadores microsatélites aplicados a muestras de *Ara macao* colectadas en marzo del 2017 en ASOPROLAPA (al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica).

<b>Marcador</b>	<b>n</b>	<b>NA</b>	<b>Ho</b>	<b>UHE</b>
UnaCT21	31	9	0.710	0.773
UnaCT43	31	10	0.774	0.868
UnaCT74	31	7	0.645	0.749
UnaCT41	31	3	0.258	0.260
AgGT17	31	14	0.935	0.918
AgGT21	31	8	0.903	0.738
AgGT19	31	3	0.516	0.539
<b>Promedio</b>		7.714	0.677	0.692
<b>Error Estándar</b>		1.475	0.089	0.085

**Simbología:** Número de muestras amplificadas por marcador (n), número de alelos (NA), heterocigosidad observada (HoO) y heterocigosidad esperada no sesgada (UHE).

TABLA 2

Estimación de los modelos estadísticos para determinar la heterocigosidad en la población estudio (n=31) de *Ara macao* colectadas en marzo 2017 en ASOPROLAPA (al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica)

<b>Prueba</b>	<b>Modelo SMM</b>	<b>Modelo TPM</b>
Signos: número esperado de loci con exceso de heterocigosidad (probabilidad)	4.13 (p=0.602)	4.14 (p=0.30621)
Diferencias estandarizadas: valores T2 (probabilidad)	0.588 (p=0.278)	-1.498 (p=0.067)
Wilcoxon: probabilidad de exceso de heterocigotos	0.289	0.945

TABLA 3

Estimación de la variación genética basado en frecuencias esperadas para individuos criados en cautiverio de *Ara macao* en ASOPROLAPA [colectadas en marzo 2017], y silvestres del Pacífico Central y Sur de Costa Rica (Monge et al. 2016).

Nivel de Análisis	df	Suma de Cuadrados	Estimado de Variación	Porcentaje de Variación
Entre poblaciones	2	19.729	0.089	4%
Entre individuos	124	312.019	0.142	6%
Dentro de individuos	127	283.500	2.232	91%
<b>Total</b>	253	615.248	2.463	100%

**Simbología:** df- frecuencias esperadas.

TABLA 4

Estimación del índice de fijación ( $F_{st}$ ) entre las poblaciones de *Ara macao*, criados en cautiverio en ASOPROLAPA (colectadas en marzo 2017) y Silvestres (Monge et al. 2016) del Pacífico Central y Sur de Costa Rica.

Población	ASOPROLAPA	Pacífico Central	Pacífico Sur
<b>ASOPROLAPA</b>		<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
<b>Pacífico Central</b>	0.040		<b>0.001</b>
<b>Pacífico Sur</b>	0.019	0.047	

**Negrita** = Resultado numérico estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ).

En concordancia con lo anterior, con el análisis bayesiano de asignación poblacional fue posible establecer que las lapas rojas de la población de ASOPROLAPA muestran una mayor afinidad hacia la población silvestre del Pacífico Sur de Costa Rica. Un 62.7% de los individuos muestreados mostraron mayor probabilidad de pertenecer a la población del sur y 32.3% a la población del centro de la vertiente Pacífico (Fig. 1).



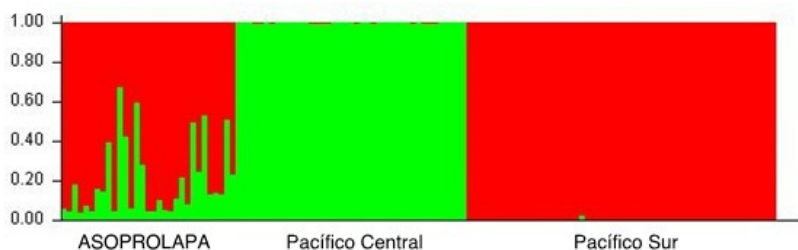


Fig. 1. Estimación de la afinidad genética poblacional para *Ara macao*, a partir del análisis de estructura entre las muestras de ASOPROLAPA (n=31) [al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica], ante las muestras del Pacífico Central (n=41) y Pacífico Sur (n=55) de Costa Rica. **Nota:** Cada color representa una población genética hipotética distinta según Evanno et al. 2005.

### Parentesco y Endogamia

Por otro lado, el análisis de parentesco determinó que a mayoría de los emparejamientos entre los individuos resultaron no relacionados (62.8%); las otras tres categorías, que indicaban algún nivel de parentesco entre los individuos, representaron un 37.2% (Tabla 5). Además, el valor del estimado de endogamia fue bastante cercano a cero ( $F_{is} = 0.003$ ,  $EE = 0.046$ ; Tabla 6) y no estadísticamente significativo al no diferir estadísticamente de cero (IC 95%: -0.24 – 0.12). Los coeficientes de endogamia de COANCESTRY siguieron esta misma tendencia. Tanto el F-LynchRd ( $F = -0.017$ ) como el F-Ritland ( $F = -0.005$ ) fueron cercanos a cero y no estadísticamente significativos (F-LynchRd = IC 95%: -0.17 – 0.25, F-Ritland = IC 95%: -0.15 – 0.17).

### Variabilidad Genética

Se encontró una variabilidad genética para la población en estudio, con valores similares a los descritos para esta especie en condiciones silvestres (Monge et al. 2016). De igual manera, una heterocigosidad ( $He=0.677$ ,  $NA=7.714$ ) con un valor afín a los reportados para poblaciones en vida libre de *A. macao* en Centro (Monge et al. 2016; Schmidt 2013) y Sur América (Olah et al. 2014; Presti et al. 2011), así como para otras especies de psitácidos en la región (Caparroz et al. 2001; Caparroz et al. 2003; Caparroz et al. 2007; Faria &

Miyaki, 2006; Faria et al. 2008; Gebhardt & Waits, 2008; Olah et al. 2016; Oliveira-Marques, 2010).

TABLA 5  
Porcentaje de Parentesco por medio del estimador TrioML (Wang2007), entre los 31 Individuos de *A. macao* muestreados en marzo 2017 en ASOPROLAPA (Sureste de la Península de Nicoya Puntarenas, Costa Rica).

Categoría	Porcentaje de Relación (%)
Sin Relación	62.8
Primos	21.5
Medios Hermanos	12.0
Hermanos/ Padre-Hijo	3.7

TABLA 6  
Estimación de los índices de endogamia entre los 31 individuos de *Ara macao* muestreados en marzo 2017, en ASOPROLAPA, al Sureste de la Península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

	F-LynchRd	F-Ritland	Fis
Estimado	-0.017	-0.005	0.003
Intervalos de Confianza (95%)	-0.17, 0.25	-0.15, 0.17	-0.24, 0.12

## DISCUSION

### Diferenciación Genética y Asignación Poblacional

Para el caso de la población de ASOPROLAPA, queda establecida su mayor afinidad genética con la población silvestre de lapa roja del Pacífico Sur de Costa Rica (62.7%); debido a la condición en cautiverio de la población de ASOPROLAPA, era esperable encontrar una composición genética compuesta por ejemplares de diferentes orígenes de la región. A pesar de que desapareció la población silvestre de *A. macao* del sureste de la Península de Nicoya, es conveniente valorar el proceso reproductivo en cautiverio y dar

prioridad a aquellos individuos con afinidad a la población del Pacífico Central, para favorecer la estabilidad de la estructura genética de origen.

### **Parentesco y Endogamia**

De acorde a la ausencia de endogamia en la población de ASOPROLAPA, y siendo Sin Relación la relación más probable de la mayoría (62.8%) de los emparejamientos entre los individuos del conjunto de datos, estos resultados manifiestan un adecuado manejo de los individuos asignados para el desarrollo del protocolo reproductivo (Arias, 2006; IUCN, 2013). La dominancia de individuos poco emparentados responde a la naturaleza del origen de las poblaciones silvestres de sus progenitores, pues se considera que *A. macao* se caracteriza por presentar una variabilidad genética alta (Monge et al. 2016), propia de especies con amplia distribución y mayor tamaño de sus poblaciones (Caparroz et al. 2001; Olah et al. 2016; Presti et al. 2011).

## **CONCLUSIONES**

Considerando los parámetros establecidos por las guías de reintroducción y traslocación a nivel de variabilidad genética (IUCN, 2013), la reducida población silvestre de *A. macao* más cercana a 80 kilómetros por ruta costera reportada por Sandoval & Sánchez (2011) en los Cerros de Rosario las faldas del Parque Nacional Barra Honda e incluso Parque Nacional Palo Verde constituida aproximadamente por 17 individuos (Artavia-Durán, 2018; Slud, 1980; Vaughan, 2019) y el nivel de aislamiento geográfico de la población de *A. macao* al sureste de la Península de Nicoya la presente investigación considera que la población reintroducida en estudio no representa una amenaza inmediata a las poblaciones silvestres de mayor representatividad en la región. No obstante, se recomienda replantear las futuras reintroducciones con ejemplares que muestren una composición genética más afin a la del Pacífico Central. El presente estudio, está de acuerdo con los autores Monge et al. (2016), en que las poblaciones de lapa roja de Costa Rica no tienen problemas de variabilidad genética y endogamia, sin embargo, se debe valorar cual sería naturalmente el plazo de recuperación poblacional de la especie que una vez habitó la totalidad de la península de Nicoya y casi toda el área de bosques secos y húmedos de Costa Rica (Nader et al. 1999; Sandoval y Sánchez, 2011; Vaughan, 2019). Por otro lado, este trabajo ejemplifica la

necesidad de establecer como requisito las evaluaciones genéticas de las poblaciones de *A. macao* en los programas de reproducción y liberación, independientemente de su fin (MINAE, 2005; MINAE, 2017) y mejorar los controles gubernamentales, para llegar a desarrollar mejores criterios de protección y preservación de esta especie. Para finalizar, se recomienda realizar a futuro estudios similares para monitorear la estabilidad genética de la población reintroducida de *A. macao* en el sureste de la Península de Nicoya.

## REFERENCIAS

- Aprile, G., & Bertonatti, C. (1996). *Manual sobre rehabilitación de fauna*. Boletín técnico N° 31. Buenos Aires, Argentina; Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Arias, V. (2003). Plan de manejo: zoológico en vías de extinción: una alternativa de conservación en la Península de Nicoya. Playa Tambor, Puntarenas, Costa Rica: Asociación Pro Conservación de la Lapa Roja (ASOPROLAPA).
- Arias, V. (2006). Plan de liberación: elasticidad de la Lapa Roja (*Ara macao*) para colonizar un hábitat natural vs hábitat alterado. Playa Tambor, Puntarenas, Costa Rica: Asociación Pro Conservación de la Lapa Roja (ASOPROLAPA).
- Artavia-Durán, E. (2018). Tamaño poblacional y censado de nidos de la especie *Ara macao* (Psittacidae) en la Península de Nicoya, Costa Rica. *Zeledonia*, 22(1), 33–43.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja). (2018). Plan de manejo: zoológico de psitácidos para reproducción, rehabilitación y reintroducción como una alternativa de conservación en la Península de Nicoya, Playa Pochote, Puntarenas, Costa Rica.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja)-MINAE. (2009). Bitácora del proyecto #2. Periodo del 01 de noviembre 2010 al 29 de diciembre 2016, Puntarenas, Costa Rica.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja)-MINAE. (2019). Informe Trimestral Post Liberación AACR-046-2019. Periodo del 16 de junio al 15 de septiembre 2019, Puntarenas, Costa Rica.
- Caparroz, R., Miyaki, C.Y., Bampi, M. I., & Wajntal, A. (2001). Analysis of the genetic variability in a sample of the remaining group of Spix's Macaw (*Cyanopsitta spixii*, Psittaciformes: Aves) by DNA fingerprinting. *Biological Conservation*, 99, 307–3011.

- Caparroz R., Guedes N.M., Bianchi C.A., & Wajntal A. (2001). Analysis of the genetic variability and breeding behavior of wild populations of two macaw species (Psittaciformes: Aves) by DNA fingerprinting. *Brazilian Journal of Ornithology*, 9, 43–49.
- Caparroz, R., Miyaki, C. Y., & Baker A. J. (2003). Characterization of microsatellite loci in the Blue-and-Gold Macaw, *Ara ararauna* (Psittaciformes: Aves). *Molecular Ecology Notes*, 3, 441–443
- Caparroz, R., Leite, K. C., Chinalia, L. A., Miyaki, C. Y. & Collevatti, R. G. (2007). Characterization of microsatellite loci in three species of Amazona (Psittaciformes) using heterologous primers. *Ornitologia Neotropical*, 18, 438–444.
- Chacón, G. S., & Janik. D. (1999). Técnicas de liberación gradual para avifauna nativa en La Garita, Costa Rica. In Drews, C. (Ed.) *Rescate de Fauna en el Neotrópico* (pp. 415–425). Washington D.C., USA: Humane Society International.
- Deem, S., Karesh, W., & Uhart, M. (2001). Salud de fauna silvestre en reintroducciones: lo bueno, lo malo y lo evitable. En *V Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica* (p: 346–349). Cartagena de Indias, Colombia.
- Earl, D. A., & VonHoldt, B. M. (2012). STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conservation Genetics Resources*, 4, 359–361.
- Espunyes, J. (2012). *Reintroducción de especies amenazadas: problemáticas y recomendaciones*. IUCN: Boletín del Estado BOE-A-2011-3582. España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Evanno, G., Regnaut S., & Goudet, J. (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology*, 14, 2611–2620.
- Hedrick, P., & Kalinowski, S. (2000). Inbreeding Depression in Conservation Biology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31, 139-162.
- Heredia, B. (1992). Reintroducción de especies y reforzamiento de poblaciones en la conservación de aves en España. *Ardeola*, 39(2), 41–47.
- Higgins, K. (1999). Scarlet Macaw Release. Zoo Ave Wildlife Conservation Park. Notas de campo.
- Hilburn, J., Higgins, K., & Janik, D. (1998). Nature Restoration Foundation release methods: a comparison. Center for Release, Scientific, Zoo Ave Wildlife Conservation Park & Nature Restoration Foundation. Notas de campo.
- IUCN. (2013). *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0*. IUCN Species Survival Commission. Gland, Switzerland.

- Falush, D., Stephens, M., & Pritchard, J. K. (2003). Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics*, *164*, 1567–1587.
- Faria, P. J., & Miyaki, C. Y. (2006). Molecular markers for population genetic analyses in the family Psittacidae (Psittaciformes, Aves). *Genetics and Molecular Biology*, *29*, 231–240.
- Faria, P. J., Guedes, N. M., Yamashita, C., Martuscelli, P., & Miyaki, C. Y. (2008). Genetic variation and population structure of the endangered Hyacinth macaw (*Anodorhynchus hyacinthinus*): implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, *17*, 765–779.
- Frankham R. 2010. Challenges and opportunities of genetic approaches to biological conservation. *Biological Conservation* *143*:1919–1927.
- Gebhardt K. J. & Waits L. P. (2008). Cross-species amplification and optimization of microsatellite markers for use in six neotropical parrots. *Molecular Ecology Resources*, *8*, 835–839.
- Goudet, J. (2001). FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3), URL, <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>
- Liza, J., Maturrano, L., & Rosadio, R. (2008). determinación del sexo por ADN en cinco especies de guacamayos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *19*(1), 1–7.
- Lynch, M., & Ritland, K. (1999). Estimation of pairwise relatedness with molecular markers. *Genetics*, *152*, 1753–1766.
- MINAE. (1992). Ley de conservación de la vida silvestre N° 7317. La Gaceta: Alcance N° 235. Imprenta Nacional, San José-Costa Rica.
- MINAE. (2005). Reglamento a la ley de conservación de la vida silvestre N° 32633. La Gaceta: Alcance N° 180. Imprenta Nacional, San José-Costa Rica. p: 6–23.
- MINAE. (2017). Reglamento a la ley de conservación de la vida silvestre N° 40548-MINAE. La Gaceta: Alcance N° 194. Imprenta Nacional, San José-Costa Rica. p: 32–118.
- Monge, O., Schmidt, K., Vaughan, C., & Gutiérrez-Espeleta, G. (2016). Genetic patterns and conservation of the scarlet macaw (*Ara macao*) in Costa Rica. *Conservation Genetics*, *17*, 745–750.
- Nader, W., Werner, D., & Wink, M. (1999). Genetic diversity of scarlet macaws *Ara macao* in reintroduction studies for threatened populations in Costa Rica. *Biological Conservation*, *87*, 269–272.

- Nassar, F. (1999). La liberación como alternativa técnica para el manejo y disposición de animales silvestres. En *Rescate de Fauna en el Neotropico: iniciativas y perspectivas* (pp. 453–463). Heredia, Costa Rica: Editorial Universidad Nacional.
- Olah, G., Heinsohn, R., Espinoza, J., Brightsmith, D., & Peakall, R. (2015). an evaluation of primers for microsatellite markers in scarlet macaw (*Ara macao*) and their performance in a Peruvian wild population. *Conservation Genetics Resources*, 7, 157–159.
- Olah, G., Heinsohn, R. G., Brightsmith, D. J., Espinoza, J. R., & Peakall, R. (2016). Validation of non-invasive genetic tagging in two large macaw species (*Ara macao* and *A. chloropterus*) of the Peruvian Amazon. *Conservation Genetics Resources*, 8, 499–509.
- Oliveira-Marques, A. R. (2010). *Caracterização da estrutura genética populacional das araras vermelhas Ara chloropterus e Ara macao (Psittaciformes, Aves)*. (Tese) Universidade de São Paulo, Brasil.
- Peakall, R., & Smouse, P. E. (2012). GenA1Ex 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28, 2537–2539.
- Piry, S., Luikart, G., & Cornuet, J-M. (1999). BOTTLENECK: a program for detecting recent effective population size reductions from allele data frequencies. *Journal of Heredity*, 90, 502–503.
- Presti, F., Oliveira-Marques, A., Caparroz, R., Biondo, C., & Miyaki, C. (2011). Comparative analysis of microsatellite variability in five macaw species (Psittaciformes: Psittacidae): Application for conservation. *Genetics and Molecular Biology*, 34(2), 348–352.
- Presti, F., & Wasko, A. (2014). A review of microsatellite markers and their application on genetic diversity studies in parrots. *Open Journal of Genetics*, 4, 69–77.
- Pritchard, J. K., Stephens, M., & Donnelly, P. (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155, 945–959.
- Pruett, C., & Winker, K. (2008). The effects of sample size on population genetic diversity estimates in song sparrows *Melospiza melodia*. *Journal of Avian Biology*, 39, 252–256.
- Ramírez, H. (2018). *Análisis de variabilidad y diferenciación genética poblacional de la Lapa Verde (Ara ambiguus.)* (Tesis) Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Revilla, E. (1998). Estrategias de conservación en vertebrados: el papel de la conservación ex situ. Revisión en Mastozoología. *Galemys*, 1(1), 20–31.
- Ritland, K. (1996). Estimators for pairwise relatedness and individual inbreeding coefficients. *Genetic Research Cambridge*, 67, 175–185.

- Rivera-Ortíz, F. A., Solórzano, S., Arizmendi, M. D. C., Dávila-Aranda, P., & Oyama, K. (2017). Genetic diversity and structure of the military macaw (*Ara militaris*) in Mexico: Implications for Conservation. *Tropical Conservation Science*, *10*, 1–12.
- Rousset, F. (2008). Genepop'007: a complete reimplementation of the Genepop software for Windows and Linux. *Molecular Ecology Resources*, *8*, 103–106.
- Sandoval, L., & Sánchez, J. (2011). Península de Nicoya. (CR002). En L. Sandoval, & J. Sánchez (Eds.), *Areas importantes para la conservación de las aves en Costa Rica* (pp. 49–54). San José, Costa Rica: Unión de Ornitólogos.
- Serio, J.C. (2011). La translocación y reintroducción en el manejo y conservación de las especies. En *Manual de Técnicas para el Estudio de la Fauna (1, 221–234)*. A. C. Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología.
- Shriver, M. D., Jin, L., Chakraborty, R., & Boerwinkle, E. (1993). VNTR allele frequency distributions under the stepwise mutation model: a computer simulation approach. *Genetics*, *134*, 983–993.
- Schmidt, K. (2013). *Spatial and temporal patterns of genetic variation in scarlet macaws (Ara macao): implications for population management in La Selva Maya, Central America*. (Dissertation) Columbia University.
- Slud, P. (1980). The birds of hacienda Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. *Smithsonian Contributions to Zoology*, *292*, 1–92.
- Soriguer, R., Márquez, F., & Pérez, J. (1998). Las traslocaciones (introducciones y reintroducciones) de especies cinegéticas y sus efectos medioambientales. Revisiones en Mastozoología. *Galemys*, *10*(2): 19–35.
- Taberlet, P., Griffin, S., Goossens, B., Questiau, S., Manceau, V., Escaravage, N., Waits, L., & Bouvet, J. (1996). Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. *Nucleic Acids Research*, *24*(16), 3189–3194.
- Takahashi, A. (2006). Necesidad de estudios de variabilidad genética en *Ara macao*. En *Primer Simposio Mesoamericano de Psittaciformes* (pp. 113–117), IX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, La Ceiba, Honduras.
- Uhart, M., & Zaccagnini, M. (1999). *Manual de procedimientos operativos estandarizados de campo para documentar incidentes de mortandad de fauna silvestre en agroecosistemas* (pp: 87–91). Buenos Aires, Argentina: Comisión Interinstitucional para la Conservación de la Vida Silvestre en Agroecosistemas.
- Vaughan, C. 2006. Ventajas y desventajas de las reintroducciones de vida silvestre. *Mesoamericana*, *10*(2), 88–95.



Vaughan, C. (2019). Conservación de la lapa roja (*Ara macao*) con manejo in situ en el Pacífico Central de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(2): 166-188. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.10>.

Willoughby, J. R., Fernandez, N. B., Lamb, M. C., Ivy, J. A., Lacy, R. C., & DeWoody, J. A. (2015). The impacts of inbreeding, drift and selection on genetic diversity in captive breeding populations. *Molecular ecology*, 24(1), 98–110.

Wang, J. (2007). Triadic IBD coefficients and applications to estimating pairwise relatedness. *Genetic Research*, 89, 135–153.

Weir, B. S., & Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38, 1358–1370.

## ARTÍCULO III

### **Objetivo abarcado:**

Analizar las fortalezas y debilidades de la rehabilitación y reintroducción de la lapa roja, ejecutado por la Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja en el sureste de la Península de Nicoya.

### **Título:**

Evaluación de la metodología implementada en la reintroducción de la especie *Ara macao* (Orden Psittaciformes: Familia Psittacidae) en el sureste de la península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.

### **Autores:**

Vernun Arias-Vega<sup>1</sup> & Marco Retana-López<sup>2</sup>

### **Afiliaciones de los autores:**

<sup>1</sup>Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA, Puntarenas, Costa Rica. E-mail: venonarias@yahoo.com

<sup>2</sup>Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. E-mail: marco.retana@ucr.ac.cr

### **Formato del artículo:**

El formato del artículo sigue las instrucciones para someterlo a revisión en la Revista Zeledonia, de la Editorial Asociación Ornitológica de Costa Rica.

**Evaluación de la metodología implementada en la reintroducción de la especie *Ara macao* (Orden Psittaciformes: Familia Psittacidae) en el sureste de la península de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica**

**Evaluation of the methodology implemented in the reintroduction of the species *Ara macao* (Orden Psittaciformes: Familia Psittacidae) at the southeast area of the Nicoya peninsula, Puntarenas, Costa Rica.**

Vernun Arias-Vega\*<sup>1</sup> & Marco Retana-López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja-ASOPROLAPA, Puntarenas, Costa Rica. E-mail: [venonarias@yahoo.com](mailto:venonarias@yahoo.com)

<sup>2</sup>Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. E-mail: [marco.retana@ucr.ac.cr](mailto:marco.retana@ucr.ac.cr)

\* Correspondencia

**Resumen:** Con la finalidad de contrarrestar la pérdida de la biodiversidad, la biología de la conservación surge como ciencia multidisciplinar, proponiendo diversas alternativas para la conservación de las especies. La reintroducción, como herramienta *ex situ*, pretende restablecer una nueva población viable y autosuficiente en un área donde ya existió. Esta investigación se basó en la experiencia de la Asociación Conservacionista para la Protección de la lapa roja (*Ara macao*) - ASOPROLAPA, quién desde hace 24 años ha dedicado sus esfuerzos y recursos en el sureste de la Península de Nicoya a la preservación de esta especie. Se evaluó la metodología implementada por esta entidad, tomando como base la Guía sobre Directrices para Reintroducciones y Otras Translocaciones para Fines de Conservación de la IUCN. Se determinó que los planteamientos de ASOPROLAPA como sitio de manejo de vida silvestre cumple en un 93% con los lineamientos teóricos propuestos, reflejando un criterio científico acertado. Las debilidades encontradas se vinculan a la carencia de estudios previos sobre el área del proyecto, los recursos naturales existentes y al desconocimiento de la variabilidad genética de la población inicial en cautiverio. Su propuesta de rehabilitación se basa en la aplicación de protocolos clínicos preventivos, de reproducción, alimentación y comportamiento. La metodología de reintroducción va respaldada por un programa de educación ambiental que ha permitido favorecer la aceptación y estabilidad de la especie nuevamente en la zona de estudio.

**Palabras clave:** IUCN, ASOPROLAPA, lapa roja.

**Abstract:** In order to counteract the loss of biodiversity, conservation biology emerges as a multidisciplinary science, proposing various alternatives for the conservation of species. Reintroduction, as an *ex situ* tool, aims to reestablish a new viable and self-sufficient population in an area where it already existed. This research was based on the experience of the Conservation Association for the Protection of the Scarlet Macaw (*Ara macao*) - ASOPROLAPA, who for 24 years has dedicated its efforts and resources in the southeast of the Nicoya Peninsula to the preservation of this species. The methodology implemented by this entity was evaluated, based on the IUCN Guide on Guidelines for Reintroductions and Other Translocations for Conservation Purposes. It was determined that ASOPROLAPA's approaches as a wildlife management site comply 93% with the proposed theoretical guidelines, reflecting correct scientific criteria. The weaknesses found are linked to the lack of previous studies on the project area, the existing natural resources and the ignorance of the genetic variability of the initial captive population. His rehabilitation proposal is based on the application of preventive clinical protocols, reproduction, feeding and behavior. The reintroduction methodology is supported by an environmental education program that has favored the acceptance and stability of the species again in the study area.

**Key words:** IUCN, ASOPROLAPA, scarlet macaw.

## **Introducción**

Ante la acelerada pérdida global de la biodiversidad desde hace 40 años, surge la biología de la conservación como ciencia amparada en dos objetivos, el primero con relación a la investigación de los efectos de las actividades humanas sobre los demás seres vivos, las comunidades biológicas y los ecosistemas. El segundo, generando aproximaciones prácticas para prevenir la degradación de los hábitats y la extinción de especies (Revilla 1998, Seddon *et al.* 2007, Estrada 2014). Una de estas estrategias *ex situ* lo representa la reintroducción, cuyo fin va dirigido a devolver a su hábitat nativo una nueva población capaz de sobrevivir y reproducirse de manera autosuficiente (Heredia 1992, Revilla 1998, Vaughan 2006).

Sin embargo, investigaciones realizadas con animales criados en cautiverio y devueltos a su hábitat natural utilizando esta herramienta de conservación muestran cifras de fracaso en un 50 a 90 % (Brightsmith *et al.* 2003). Revisiones bibliográficas realizadas en el

año 1981, indicaron que de 1197 eventos de liberación de aves a nivel mundial, el 48 % generaron resultados negativos (Serio 2011). Por esta razón, en un proceso de reintroducción se debe cumplir con criterios previos de relevancia como determinar que las causas de su extinción o desaparición hayan sido eliminadas o mermadas, que la variabilidad genética de los individuos reintroducidos sea lo más similar a la población original y que el hábitat sea adecuado para satisfacer los requerimientos de la especie (Heredia 1992, Carrillo y Vaughan 1994, Soriguer *et al.* 1998, Renton *et al.* 2009, Olah *et al.* 2016). Para el caso específico de la Familia Psittacidae, este grupo de aves ha demostrado contar con una considerable flexibilidad de adaptación ante un nuevo ambiente y sus recursos (Brightsmith *et al.* 2003, Forbes 2006, Vaughan 2006, Varela y Janik 2008); e incluso se cuenta con ejemplos de reintroducciones en Centro y Sur América que reflejan resultados muy favorables, en sus porcentajes de supervivencia (Brightsmith *et al.* 2003, Forbes 2006, Varela y Janik 2008, Rodríguez 2014, Choperena-Palencia *et al.* 2017).

Partiendo de la experiencia de la Comisión para la Supervivencia de las Especies (Serio 2011), conformada por la Unión Mundial para la Conservación (IUCN), se propone la implementación de una guía sobre traslocaciones y reintroducciones que busca alcanzar la supervivencia a largo plazo de una especie, restablecer una especie clave en un sentido ecológico o cultural dentro de un ecosistema, incrementar la biodiversidad, generar beneficios económicos a largo plazo a la economía local y nacional (Serio 2011, Estrada 2014) y promover la conciencia conservacionista a partir de programas de educación ambiental y participación comunal (Lezama 2006, Dear *et al.* 2010, Serio 2011, Vaughan 2012, Vaughan 2019).

Uno de estos esfuerzos lo representa la Asociación Conservacionista para la Protección de la lapa roja (ASOPROLAPA), organización sin fines de lucro (ONG) ubicada en el sureste de la Península de Nicoya, que desde hace 24 años ha trabajado en la conservación de la especie *A. macao* (Arias 2003). Esta ONG, en el año 2007 inició un programa de reintroducción implementando el método de liberación pasiva “soft release” (trabajo inédito: Hilburn *et al.* 1998, Chacón y Janik 1999, trabajo inédito: Higgins 1999).

Entre los resultados alcanzados a inicios del año 2019, se destacó la liberación de 158 lapas rojas y el nacimiento de 95 juveniles en nidos artificiales de madera de plástico en vida libre (Arias 2018, ASOPROLAPA-MINAE, 2018, ASOPROLAPA-MINAE 2019). En

cuanto a la proyección del trabajo y resultados alcanzados, se partió de un programa educativo basado en charlas, entrevistas y publicaciones en redes sociales que invitan a los residentes y visitantes de los distritos de Paquera y Cobano, a participar en el seguimiento y protección de la población en vida libre de *A. macao*. A partir de esta investigación se pretendió evaluar la metodología de rehabilitación y reintroducción, implementada por esta ONG en el sureste de la Península de Nicoya.

### **Materiales y Métodos**

El trabajo se desarrolló desde enero a mayo 2019. Las instalaciones de ASOPROLAPA se ubican en Playa Pochote del Distrito de Paquera, bajo las coordenadas 9.7342 N / 85.0187 W. Se integró la información disponible del programa de rehabilitación y reintroducción implementado por ASOPROLAPA, a partir de una evaluación de campo en el sitio del proyecto y la revisión de la documentación oficial existente basada en los planes de manejo, bitácoras del proyecto e informes post liberación desde que inician las primeras liberaciones en el año 2007. De esta revisión se obtiene la información sobre la estructura de su logística y operación como programa de rehabilitación y reintroducción, criterios técnicos planteados en un plano socioambiental y económico, además, las fortalezas y debilidades generadas en el desarrollo de los objetivos propuestos.

Como parámetro teórico, en cuanto a criterios establecidos para la implementación adecuada de una propuesta de reintroducción de fauna silvestre, se procedió a la revisión de los protocolos definidos por la Comisión para la Supervivencia de las Especies, de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2013).

### **Análisis de Datos**

Tomando como base teórica, los enunciados de la Guía sobre Directrices para Reintroducciones y Otras Translocaciones para Fines de Conservación (IUCN 2013). Se generaron 31 preguntas estructuradas (Anexos, Cuadro 1), las respuestas se clasificaron en una escala: 1=cumplimiento satisfactorio (parámetro cumplido en un 100%), 0.5=cumplimiento básico (parámetro incumplido al inicio, pero que luego es incluido o considerado) y 0= incumplimiento (parámetro nunca fue incluido o considerado) donde la máxima calificación posible fue 31 puntos. A partir, de la información generada por la

revisión de campo y la documentación suministrada por el sector técnico y administrativo de ASOPROLAPA, el investigador procedió a responder el cuestionario planteado, y evaluar así, la eficiencia de la metodología de reintroducción implementada.

De acuerdo, a la legislación existente vinculada al manejo de la vida silvestre y sus actualizaciones a nivel de Costa Rica, el D.E. 9106 (2013) y D.E. 40548 (2017), el presente estudio consideró dentro de los parámetros evaluativos del cuestionario el cumplimiento de requisitos y plazos de entrega de estos, definidos en la resolución que otorga el permiso de operación del sitio de manejo de vida silvestre.

## **Resultados**

Para el caso de ASOPROLAPA, 27 respuestas satisfactorias y 4 de cumplimiento básico generando un 93% de calificación (29 puntos obtenidos), según la “Evaluación de Zocriaderos Sin Fines de Lucro con Énfasis en la Conservación de Psitácidos” (ver en Cuadro 1 de anexos), a partir de los enunciados propuestos en la Guía sobre Directrices para Reintroducciones y Otras Translocaciones para Fines de Conservación (IUCN 2013).

Las preguntas con menor puntaje responden: a. desconocimiento y falta de valoración de la composición genética de la población fundadora del proyecto, b. el no contar desde el inicio con un estudio previo del área y sitio de liberación de los ejemplares y c. el no contemplar desde el inicio un monitoreo del área y especies afines previo al proceso de liberación de los ejemplares. Reportó ASOPROLAPA, que estas debilidades de cumplimiento básico se han ido subsanando durante el desarrollo del proyecto y han sido incorporadas a las actualizaciones de los planes de manejo.

Las respuestas satisfactorias de la evaluación para ASOPROLAPA, determinaron, que los planteamientos de la ONG siguieron una línea de acción definida y dirigida a restablecer una nueva población de *A. macao* en el sureste de la Península de Nicoya, que fue parte de su hábitat nativo y cuenta con los recursos naturales necesarios para darle soporte, de acuerdo, a la biología de la especie focal. Considerando que esta acción traerá consigo beneficios indirectos sobre la conservación de otros recursos naturales a nivel local, se ha ido desarrollando un programa de educación ambiental utilizando diversas herramientas como charlas y entrevistas en las comunidades de los Distritos de Paquera y Cóbano, respaldando esta valiosa estrategia con la participación comunal en los conteos anuales y a

través de reportes sobre presencia / ausencia utilizando las redes sociales en su mayoría, y fortaleciendo la recuperación del entorno con programas de reforestación con especies nativas registradas dentro de la dieta por la especie focal. Entre algunas de las 32 especies forestales registradas se mencionan a *Samanea saman*, *Spondias purpurea*, *Schizolobium parahyba* y *Byrsonima crassifolia*. Partiendo de una población fundadora nacida en cautiverio, ASOPROLAPA inició con una propuesta en su plan de manejo, que contempló la implementación de protocolos preventivos clínicos incluyendo la valoración del comportamiento de los individuos, protocolos de alimentación a partir de la colecta diaria y enriquecimiento interno de los recintos con recurso que la especie focal utiliza frecuentemente en sus necesidades de vida, con el objetivo de favorecer el buen nivel de salud de los individuos que fueron liberados. Una de las principales estrategias en la metodología de rehabilitación, considera ASOPROLAPA, es el protocolo de reproducción en cautiverio en el cual los padres son quienes seleccionan los huevos y los individuos, disminuyendo la impronta en los primeros meses de desarrollo. Y dentro de la metodología de reintroducción, se cuenta con programa constante de monitoreo en vida libre sobre las 159 aves liberadas a junio 2019, que genera información sobre presencia / ausencia, cantidad de individuos, uso de hábitat, mortalidad, rutas de vuelo y comportamiento reproductivo (ASOPROLAPA 2018).

ASOPROLAPA planteó entre los posibles riesgos antropogénicos valorados al inicio de la propuesta el inadecuado uso del suelo y la extracción ilegal de la especie focal como causas que anteriormente llevaron a la especie a desaparecer (Cerezo *et al*, 2009; Pérez, 1998; Vaughan, 2011; Vaughan, 2019; Wright *et al*, 2001), así como, la aceptación nuevamente de la especie por parte de los residentes peninsulares. Con el monitoreo en campo se ha ido determinando que la presencia de *A. macao*, ha sido percibida de manera positiva en la zona y en algunos casos logró generar beneficios económicos sobre actividades laborales vinculadas al turismo; aun así, la ONG contempla un rubro en caso de presentarse un posible daño a terceros por la presencia de la especie focal, un ejemplo sería la depredación de cultivos. La ONG reportó el cumplimiento de los requisitos administrativos y legales, en cuanto a la presentación de documentos y plazos estipulados en la legislación ambiental vigente, para operar como zocriadero sin fines lucro adecuadamente; a nivel económico se destacó que el financiamiento del proyecto se basa en donaciones de la empresa privada.



A nivel ecológico, no se percibió un riesgo inmediato, partiendo del hecho que no existía una población silvestre en el sitio del proyecto al momento de iniciar las reintroducciones y que solamente se liberan individuos de la especie focal, disminuyendo la probabilidad de hibridación con otras especies.

## **Discusión**

Según la valoración realizada sobre la metodología implementada por ASOPROLAPA, utilizando como base la guía de la IUCN (2013) sobre reintroducciones, se obtuvo una calificación alta que refleja un fundamento científico acertado (Heredia 1992, Soriguer *et al.* 1998). A pesar, de que al iniciar la propuesta de reintroducción se evidenció la ausencia de criterios de carácter prioritario que pudieron poner en riesgo la estabilidad de la población liberada e influir sobre la adaptación a un nuevo hábitat (Brightsmith *et al.* 2003, Vaughan 2006, García y Espinoza 2007, Serio 2011, Monge 2016, Estrada *et al.* 2017), los datos de más de 10 años de seguimiento de campo reflejan que la población de *A. macao* en vida libre se ha adaptado al medio utilizado favorablemente el recurso en su área de acción (Revilla 1998, Vaughan 2006). Condición poblacional, que pudo haber sido favorecida por el entrenamiento previo y familiarización al entorno de liberación de las aves, que formaba parte del ámbito histórico de la especie (White Jr. *et al.* 2012).

La metodología de rehabilitación aplicada para ASOPROLAPA involucra el seguimiento de protocolos a mediano y largo plazo, sobre reproducción, alimentación, condición clínica y el comportamiento de los individuos dentro de un entorno enriquecido con recurso nativo; factor determinante que aumenta la probabilidad de sobrevivencia de los individuos una vez reintroducidos (Snyder *et al.* 1994, Biggens *et al.* 1999, Brieva 2000, Vaughan 2006, Varela y Janik 2008, Estrada 2014); a diferencia de otras experiencias afines, que suelen enfocar el éxito del programa en criterios post liberación y no en el proceso completo desde su rehabilitación, o implementan metodologías con un nivel de contacto mayor con los ejemplares que podría influir sobre el éxito de adaptación a la vida libre, como individuo independiente (Brightsmith *et al.* 2003; Brightsmith *et al.* 2005, Forbes 2006, Vaughan 2006, Varela y Janik 2008, White Jr. *et al.* 2012, Estrada 2014, Rodríguez 2014, Choperena-Palencia y Mancera-Rodríguez 2016, Vaughan 2019).

Por último, está el programa de educación ambiental, el cuál describe e implementa diversas herramientas, que han logrado involucrar de manera activa a los residentes de las comunidades vecinas en procesos de reforestación, capacitación y participación en el seguimiento de los individuos en vida libre (Vaughan *et al.* 1999, Espunyes 2012, Vaughan 2012, Vaughan 2019). La calidad de la educación ambiental proyectada y de los programas propuestos, de acuerdo, a lo expuesto por ASOPROLAPA dependió de la información y conocimiento adquirido del seguimiento técnico de campo, a partir, de las metodologías implementadas en los monitoreos constantes a largo plazo y la recolección de datos sobre sobrevivencia, distribución, alimentación, rutas de vuelo, reproducción, estado de salud, sitios de descanso y mortalidad de la población de *A. macao* (Brieva 2000, Serio 2011). Este sugiere la implementación de una metodología favorable para la reintroducción de las aves, ya recomendado por otras experiencias regionales, que ha identificado a la población de las comunidades de la Península de Nicoya, con el concepto de protección y conservación (Vaughan *et al.* 1999, Vaughan 2019). Para poder desarrollar esta logística operativa de conservación, la ONG en estudio acorde a su categoría de zoológico sin fines de lucro este sitio de manejo de vida silvestre (SMVS), está respaldado por una figura jurídica y su financiamiento cubierto por recursos provenientes de donaciones de personas o empresas privadas, mecanismos usuales en este tipo de propuestas (Serio 2011); cumpliendo a nivel local con los requisitos oficiales establecidos en la legislación ambiental (MINAE 2017), y como entidad regional, ejerciendo un papel de enlace con las diversas iniciativas pro ambientales desarrolladas en la zona (Espunyes 2012).

### **Conclusiones**

Se determina que la propuesta de reintroducción de ASOPROLAPA, se ajusta en un nivel considerable a los estándares establecidos por la Guía sobre Directrices para Reintroducciones y Otras Translocaciones para Fines de Conservación (IUCN 2013). Ya sea de mayor o menor antigüedad los SMVS, requieren reforzar el nivel de acompañamiento por parte de las entidades ambientales de gobierno que los fiscalizan, desde la formulación hasta los procesos de actualización de sus propuestas, de acuerdo, a los periodos establecidos en la legislación vigente (MINAE 2017). Una actualización constante del contenido y estado de las colecciones presentes en los SMVS, junto a los resultados obtenidos en sus programas de reintroducción y la experiencia que van adquiriendo con respecto a la especie focal, pueden

ser valiosas herramientas para consolidar el establecimiento de convenios bajo el soporte de la entidad reguladora, ya sea en un nivel logístico o económico generando vías accesibles para alcanzar una ejecución óptima en este tipo de proyectos.

Una de las propuestas de parte de ASOPROLAPA, es sugerir la conformación de un Comité Técnico, visualizando la estandarización del conocimiento y manejo de la especie *A. macao* en la Península de Nicoya junto a otros proyectos afines, cuya finalidad será la formulación de una agenda común de trabajo y retroalimentación sobre la ejecución adecuada de protocolos a nivel genético, protocolos de rehabilitación y protocolos de reintroducción como refuerza la legislación actual, amparados en las “Directrices para reintroducciones y otras translocaciones para fines de conservación” de la UICN (MINAE 2017); y de esta manera dar un mejor soporte a cada SMVS.

## Referencias

- Arias, V. 2003. Plan de Manejo: Zoocriadero en Vías de Extinción: Una alternativa de Conservación en la Península de Nicoya. Asociación Pro Conservación de la Lapa Roja (*Ara macao*). Playa Tambor, Puntarenas, Costa Rica.
- Arias, V. 2018. Bitácora de Campo XII.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja). 2018. Plan de Manejo: Zoocriadero de Psitácidos para Reproducción, Rehabilitación y Reintroducción como una alternativa de Conservación en la Península de Nicoya. Playa Pochote, Puntarenas, Costa Rica.
- ASOPROLAPA (Asociación Conservacionista para la Protección de la Lapa Roja)-MINAE. 2019. Informe Trimestral Post Liberación AACR-046-2019. Periodo del 16 de junio al 15 de septiembre 2019, Puntarenas, Costa Rica.
- Biggins, D. E., A. Vargas, J. L. Godbey, y S. H. Anderson. 1999. Influence of prerelease experience on reintroduced black-footed ferrets (*Mustela nigripes*). *Biological Conservation* 89:121–129.
- Brieva, C. 2000. Rehabilitación. En: *Fundamentos sobre rehabilitación de fauna silvestre*, 1º Congreso Colombiano de Zoología, ICN 2000, Unidad de rescate y rehabilitación de animales silvestres (URRAS), 9–20.
- Brightsmith, D., Hilburn, J., Del Campo, A., Boyd, J., Frisius, M., Frisius, R. Janik, D. y Guillen, F. 2003. Supervivencia y reproducción de guacamayos escarlatas (*Ara macao*) criados a mano en el estado silvestre. <http://macawproject.org/index.php/publications-in->

[spanish/viewdownload/12-ublications-in-spanish/93-supervivencia-y-reproduccion-de-guacamayos-escarlatas-ara-macao-criados-a-mano-en-el-estado-silvestre.](#)

doi:10.1016/j.biocon.2004.05.016

Brightsmith, D., Hilburn, J., Del Campo, A., Boyd, J., Frisius, M., Frisius, R. Janik, D. y Guillen, F. 2005. The Use of Hand-Raised Psittacines for Reintroduction: A Case Study of Scarlet Macaws (*Ara macao*) in Peru and Costa Rica. *Biological Conservation* **121**: 465–472.

Carrillo, E. y Vaughan C., Ed 1994. *La vida silvestre de Mesoamérica: diagnóstico y estrategia para su conservación*. Heredia: Editorial Universidad Nacional., Costa Rica.

Cerezo, A., Chandler, Dowell, B. 2009. Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical* vol.57 (1-2).

Chacón, G.S. and D. Janik. 1999. Técnicas de liberación gradual para avifauna nativa en La Garita, Costa Rica. In: Drews, C. ed. *Rescate de Fauna en el Neotrópico*. Washington D.C.: Humane Society International, 415–425.

Choperena-Palencia, M. y Mancera-Rodríguez, N. 2016. Lineamientos para el seguimiento y monitoreo post-liberación de fauna silvestre rehabilitada. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 19(2): 411–424. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.96>

Choperena-Palencia, M.C. y Mancera-Rodríguez, N.J. 2017. Evaluación de procesos de seguimiento y monitoreo post-liberación de fauna silvestre rehabilitada en Colombia. *Luna Azul* 46:181–209. <http://200.21.104.25/lunazul/index.php/component/content/article?id=279>  
DOI: 10.17151/luaz.2018.46.11

Dear, F., Vaughan, C. y Morales, A. 2010. Current Status and Conservation of the Scarlet Macaw (*Ara macao*) in the Osa Conservation Area (ACOSA), Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED* 2(1):3–17.

Dear, F., Vaughan, C., Arce, A., Gack, J. y Solorzano, H. 2010. La educación ambiental como herramienta para la conservación de la lapa roja (*Ara macao*) en el Pacífico Central de Costa Rica. En: *Primer Simposio Mesoamericano de Psittaciformes*, IX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, La Ceiba, Honduras, 75–80.

Espunyes, J. 2012. Reintroducción de especies amenazadas: problemáticas y recomendaciones. IUCN: Boletín del Estado BOE-A-2011-3582. Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Estrada, A. 2014. Reintroduction of the Scarlet Macaw (*Ara macao cyanoptera*) in the Tropical Rainforests of Palenque, Mexico: Project Design and First Year Progress. *Tropical Conservation Science* 7(3):342–364.

Estrada, A., González, S. y Raigoza, R. 2017. Reintroducción de la guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*) en Palenque, Chiapas, Mexico. Acajungla A.C. y Aluxes Ecoparque, Instituto de Biología-UNAM, Parque Xcaret, 20.

Forbes, D. 2006. Reintroducción exitosa de la lapa roja (*Ara macao*) en los bosques secos y húmedos de Costa Rica: supervivencia, movimientos y dieta. En: *Primer Simposio Mesoamericano de Psittaciformes*, IX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación La Ceiba, Honduras, 96–103.

García, L. y Espinosa, A. 2007. Variación genética como una guía de conservación para poblaciones cautivas y silvestres de la guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*). *Mesoamericana* 11(2): 19–38.

Heredia, B. 1992. Reintroducción de especies y reforzamiento de poblaciones en la conservación de aves en España. *Ardeola* 39(2): 41–47.

Higgins, K. 1999. Scarlet Macaw Release. Prepared by: Zoo Ave Wildlife Conservation Park. Notas de campo.

Hilburn, J., Higgins, K. y Janik, D. 1998. Nature Restoration Foundation Release Methods: A Comparison. Prepared by: Center for Release, Scientific, Zoo Ave Wildlife Conservation Park and Nature Restoration Foundation. Notas de campo.

IUCN/SSC. 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. IUCN Species Survival Commission. Gland, Switzerland, 57.

Lezama, M. 2006. Programa de recuperación de Psittacidos en Nicaragua: una propuesta a la luz de las experiencias de rancheo con énfasis en participación comunal. En: *Primer Simposio Mesoamericano de Psittaciformes*, IX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, La Ceiba, Honduras, 124–130.

MINAE. 2013. Ley de conservación de la vida silvestre N° 9106. La Gaceta: Alcance N° 78. Imprenta Nacional, San José-Costa Rica.

MINAE. 2017. Reglamento a la ley de conservación de la vida silvestre N° 40548-MINAE. La Gaceta: Alcance N° 194. Imprenta Nacional, San José-Costa Rica, 32–118.

Monge, O., K. Schmidt, C. Vaughan, y G. Gutiérrez-Espeleta. 2016. Genetic patterns and conservation of the Scarlet Macaw (*Ara macao*) in Costa Rica. *Conservation Genetics* 17:745–750.

Olah, G., Butchart, S. H., Symes, A., Guzmán, I. M., Cunningham, R., Brightsmith, D. J., y Heinsohn, R. 2016. Ecological and socio-economic factors affecting extinction risk in parrots. *Biodiversity and Conservation* 25: 205–223.

Pérez, E. 1998. Evaluación del Hábitat Disponible para la Guacamaya Roja (*Ara macao*), en Petén, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 67 p.

- Renton, K., Oropesa, P., Rendon, E. y Araujo L. 2009. *Programa de acción para la conservación de la especie (PACE): guacamayo rojo (Ara macao cyanooptera)*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, D.F., México. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/programa-de-accion-para-la-conservacion-de-la-especie-guacamaya-roja-ara-macao-cyanooptera>
- Revilla, E. 1998. Estrategias de conservación en vertebrados: el papel de la conservación ex situ. *Galemys* 10(1): 20–31.
- Rodríguez, N. 2014. Los retos de la reintroducción de la guacamaya roja. Academia Mexicana de Ciencias: Boletín AMC /307/14. Distrito Federal, México.
- Seddon, P., Armstrong, D., y MALONE, R. 2007. Developing the Science of Reintroduction Biology. *Conservation Biology* 21(2):303–312.
- Serio, J.C. 2011. La Translocación y Reintroducción en el Manejo y Conservación de las Especies. En: *Manual de Técnicas para el Estudio de la Fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología. A. C. Querétaro, Mexico, 1: 221–234.
- Snyder, N. F. R., S. E. Koenig, J. Koschmann, J. Koschmann, H. A. Snyder, y T. B. Johnson. 1994. Thick-billed Parrot releases in Arizona. *Condor* 96:845–862.
- Soriguer, R., Márquez, F. y Pérez, J. 1998. Las Traslocaciones (introducciones y reintroducciones) de Especies Cinegéticas y sus Efectos Medioambientales. *Galemy* 10(2): 19–35.
- Varela, I. y Janik, D. 2008. Reintroducción de la lapa roja (*Ara macao*) en playa San Josecito, Golfito. *Stapfia* 88, zugleich Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen Neue Serie, 80: 725–731.
- Vaughan, C., Gack, J., Solorazano, H. y Ray, R. 1999. The Effect of Environmental Education on Schoolchildren, Their Parents, and Community Members: A Study of Intergenerational and Intercommunity Learning. *The Journal of Environmental Education* 31(2): 5–8.
- Vaughan, C. 2006. Ventajas y desventajas de las reintroducciones de vida silvestre. *Mesoamericana* 10(2): 88–95.
- Vaughan, C. 2011. Changes in dense forest habitat for endangered wildlife species in Costa Rica from 1949 to 1977. *UNED Journal of Research*, 3(1), 99-161. <https://doi.org/10.22458/urj.v3i1.213>
- Vaughan, C. 2012. Evolution of a Community-Based, Scarlet macaw Conservation Organization. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University* 4(1): 71–84.

Vaughan, C. 2019. Conservación de la lapa roja (*Ara macao*) con manejo in situ en el Pacífico Central de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales* 53(2): 166–188. doi: <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.10>

White Jr., T, Collar, N., Moorhouse, R., Sanz, V., Stolen, E. y Brightsmith, D. 2012. Psittacine reintroductions: Common denominators of success. *Biological Conservation* 148(1): 106–115. DOI:[10.1016/j.biocon.2012.01.044](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.044)

Wright, T. F., C. A. Toft, E. Enkerlin-Hoeflich, J. Gonzalez-Elizondo, M. Albornoz, A. Rodríguez-Ferraro, F. Rojas-Suárez, V. Sanz, A. Trujillo, S. R. Beissinger, V. Berovides, X. Gálvez, A. T. Brice, K. Joyner, J. Eberhard, J. Gilardi, S. E. Koenig, S. Stoleson, P. Martuscelli, J. M. Meyers, K. Renton, A. M. Rodríguez, A. C. SosaAsanza, F. J. Vilella, & J. W. Wiley. 2001. Nest poaching in Neotropical parrots. *Conservation Biology* 15:710–720.

## Anexos

**Tabla 1.** Evaluación para zoonocriaderos sin fines de lucro con énfasis en la conservación de Psitácidos, basado en la Guía sobre directrices para reintroducciones y otras translocaciones para fines de conservación (IUCN 2013).

Parámetros	Sub Parámetros	Apartados	Preguntas	SI	NO	Respuesta
Criterios para aceptar una Translocación	Evaluar Causas y Amenazas de la Extinción		¿Cómo clasificaría, de acuerdo, al Anexo 1 de la Guía de Translocaciones de la IUCN su estrategia de conservación?			Favor describir
			¿Cuál es el principal criterio que lleva a proponer la estrategia de conservación?			Favor describir
	Consideraciones Alternativas		¿Posibles consideraciones secundarias analizadas, evaluadas o propuestas al momento de seleccionar la estrategia de conservación?			Favor describir
Planteamiento	Objetivos		¿Cuál es el objetivo principal del proyecto? ¿Se mantiene desde el inicio o ha sido replanteado?			Favor describir
	Monitoreo		¿Ha sido planteada alguna metodología para monitoreo del cumplimiento del objetivo del proyecto?			Favor describir
	Estrategia de Salida		¿La propuesta del proyecto contempla una estrategia de salida o cierre?			Favor describir
Factibilidad y Diseño	Factibilidad Biológica	Conocimiento Biológico Básico	¿Existe información sobre la especie focal del proyecto?			
		Modelos Precedentes para Especies Afines	¿Fue necesario utilizar información de especies afines a la especie focal para desarrollar la propuesta?			Favor describir
		Hábitat	¿Representa el área del proyecto el hábitat nativo de la especie focal?			
		Requerimientos Climáticos	¿El área del proyecto cumple con los requerimientos bióticos y abióticos para la especie focal?			Favor describir
		Ejemplares Fundadores	¿Cuál es el origen de los ejemplares fundadores, nativos del área del proyecto, de origen silvestre o cautiverio? ¿Fue considerado el factor genético desde el inicio del proyecto? ¿A qué nivel?			Favor describir
		Bienestar Animal	¿Cuáles son las principales estrategias planteadas por el proyecto para mantener durante el cautiverio y el proceso de liberación de los ejemplares, un buen nivel de salud animal?			Favor describir
		Posibles Enfermedades y Parásitos	¿Cómo valoran la salud de los ejemplares, durante su cautiverio y previo a la liberación de estos?			Favor describir
		Factibilidad Social		¿Cuáles son las principales estrategias implementadas para involucrar el factor social en el desarrollo del proyecto?		



Cumplimiento de Normativas			¿El proyecto cuenta con permiso del SINAC y CVO del SENASA, vigentes?			
Disponibilidad de Recurso			¿Cuál es la principal herramienta de financiamiento utiliza el proyecto? ¿Existen otras herramientas secundarias?			Favor describir
Evaluación de Riesgos	Evaluación del Escenario de Riesgo		¿Qué factores principales consideraron en la evaluación del escenario de riesgo, desde el inicio del proyecto?			Favor describir
	Riesgos para la Población de Origen		¿Se valoró algún riesgo para la población de origen, de los ejemplares utilizados en el proyecto?			Favor describir
	Consecuencias Ecológicas de la Traslocación		¿Se valoró alguna posible consecuencia ecológica que podría generar la introducción de los ejemplares?			Favor describir
	Riesgo de Enfermedad		¿Cómo valoran a los ejemplares, para evitar un posible impacto por enfermedades?			Favor describir
	Riesgo de Invasión Asociada		¿Qué posibilidad hay de qué junto a los ejemplares liberados, sea también introducida alguna especie adicional?			Favor describir
	Perdida de Genes		¿A qué nivel es valorado el factor genético en los ejemplares que serán liberados? ¿En el área del proyecto existe alguna especie que implique algún riesgo de hibridación?			Favor describir
	Riesgos Socioeconómicos		¿Existe algún tipo de riesgo que genere la especie introducida sobre la estabilidad socioeconómica de la población humana residente?			Favor describir
	Riesgos Financieros		¿En caso de generar un riesgo socioeconómico la especie introducida, el proyecto cuenta con presupuesto para compensar un posible daño o medida de remediación?			Favor describir
Liberación e Implementación	Selección de los Sitios y Áreas de Liberación		¿El proyecto contempló con un estudio previo del área y sitio de liberación de los ejemplares?			Favor describir
	Estrategia de Liberación		¿Qué factores considera el proyecto claves dentro de su estrategia de liberación, a nivel de la especie?			Favor describir
Evaluación de Resultados y Manejo Continuo	Sondeo / Monitoreo Antes de la Liberación		¿El proyecto contemplo un monitoreo del área y especies afines, previo al proceso de liberación de ejemplares?			Favor describir
	Monitoreo Después de la Liberación		¿Existe un plan de monitoreo posterior a la liberación, y que variables contempla?			Favor describir
			¿Para efectos del presente estudio, cuantas <i>Ara macao</i> ha liberado el proyecto desde sus inicios a la fecha actual?			Favor describir
	Manejo / Monitoreo Continuo		¿Existe un programa de monitoreo continuo?			Favor describir
Diseminación de la Información			¿Cuál es la periodicidad de presentación de informes oficiales a la autoridad de gobierno? ¿Qué otras herramientas divulgativas, plantea y utiliza el proyecto?			Favor describir