



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

CONSERVACIÓN DE LA GUACAMAYA VERDE  
(*Ara militaris*): ANÁLISIS GENÉTICOS

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

CARLOS ALBERTO SOBERANES-GONZÁLEZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA

MÉXICO, D. F.

OCTUBRE 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

El presente trabajo se generó como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental), del Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la Doctora María del Coro Arizmendi Arriaga y los miembros del Comité Tutorial conformado por el Dr. Jorge Eduardo Campos Contreras y Jorge Humberto Vega Rivera. A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

Se desarrolló gracias al apoyo financiero de la beca 193576 para estudios de Posgrado otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; la beca-tesis del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología y al Proyecto PAPIIT IN207305 de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## **Agradecimientos.**

A Coro Arizmendi, a quien admiro, estimo y respeto. Gracias por tu confianza, por el gran apoyo brindado, por compartir tu conocimiento, por tus consejos y sobre todo, por tu amistad en todos estos años.

A Jorge Campos, por sus enseñanzas, su guía y su apoyo para que pudiera entender el mundo de la Biología Molecular.

A Jorge Vega, por su tiempo y consejos para mejorar esta tesis.

A los miembros del jurado, Adolfo Navarro y Eduardo Iñigo por sus comentarios precisos y oportunos, por su honestidad y el cuidado en la revisión de este manuscrito.

A Juan Cornejo y al personal del Zoológico Africam Safari por las facilidades brindadas para la toma de muestras.

Al M en C. Alejandro Monsalvo, a la Dra. Laura Márquez y a la M. en C. Ruth Percino, porque sin ellos, esta tesis no hubiera podido llegar a buen término.

A la Dra. Sofía Solórzano quien me apoyó y orientó en una fase de este estudio.

A Miguel Morales, y Héctor Moya, quienes me ayudaron en numerosas ocasiones durante mis primeras incursiones al laboratorio.

A mis compañeros y amigos por los buenos ratos y las vivencias.

## Dedicatoria

**A mis padres, mi tía y mis hermanos,** de quienes únicamente he recibido cariño, apoyo y ejemplos de fortaleza durante toda mi vida.

**A la familia González Jiménez,,** quienes a pesar de estar lejos, siempre están presentes en mis pensamientos.

**A Claudia.** Por estar ahí, por impulsarme a seguir adelante, por tu tiempo, por los desvelos, por tu cariño, por esas maravillosas coincidencias que hicieron que aparecieras en mi vida y porque es difícil encontrar personas tan maravillosas como tú.

**A mis amigos,** los de antes, los de ahora y los de siempre.

## In Memoriam...

...a **Elvira Hernández Cervantes;** aún no he conocido a otra persona que tenga tu entereza y tenacidad...

Para ti abuelita, en especial, va dedicada esta tesis.

# ÍNDICE

RESUMEN	v
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b><u>1</u></b>
LA GUACAMAYA VERDE: DESCRIPCIÓN E HISTORIA NATURAL	1
PROBLEMÁTICA DE LAS POBLACIONES DE GUACAMAYA VERDE EN MÉXICO.	9
SITUACIÓN ACTUAL Y ESFUERZOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE.	10
ANÁLISIS GENÉTICOS COMO HERRAMIENTA DE CONSERVACIÓN.	15
<b>OBJETIVOS</b>	<b><u>17</u></b>
GENERAL	17
PARTICULARES	17
<b>MÉTODOS</b>	<b><u>19</u></b>
ELECCIÓN DE LOS INDIVIDUOS	19
EXTRACCIÓN DE ADN DE SANGRE Y PLUMAS	20
REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR)	20
COMPROBACIÓN DE LAS PATERNIDADES REPORTADAS	21
<b>RESULTADOS</b>	<b><u>25</u></b>
SEXADO	25
PRUEBAS DE PATERNIDAD	27
<b>DISCUSIÓN</b>	<b><u>35</u></b>
SEXADO	35
ASIGNACIONES FINALES DE PARENTESCO	35
<b>CONCLUSIONES</b>	<b><u>41</u></b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b><u>43</u></b>
<b>ANEXOS</b>	<b><u>49</u></b>

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) en Sudamérica donde se ha reportado la presencia de Ara militaris.</i> .....	3
<i>Tabla 2. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) en México, en donde se ha reportado la presencia de Ara militaris.</i> .....	4
<i>Tabla 3. Literatura en la que se ha registrado la presencia de Ara militaris en México.</i> .....	5
<i>Tabla 4. Comparativo de los estudios realizados a diferentes poblaciones de Ara militaris en México.</i> .....	7
<i>Tabla 5. Ciclo reproductivo de Ara militaris en tres diferentes poblaciones de la República Mexicana.</i> .....	8
<i>Tabla 6. UMAS para aprovechamiento de Ara militaris por Estado en la República Mexicana.</i>	13
<i>Tabla 7. Registros originales de parentesco de los individuos de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.</i> .....	19
<i>Tabla 8. Representación gráfica del modo en que se realizó el análisis de asignación de la pareja de padres para los individuos en cautiverio de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.</i> .....	23
<i>Tabla 9. Representación gráfica del análisis de paternidad con madres conocidas para los individuos en cautiverio de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.</i> .....	23
<i>Tabla 10. Representación gráfica del análisis de maternidad con padres conocidos para los individuos en cautiverio de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.</i> .....	24
<i>Tabla 11. Representación del análisis de asignación de madre con ausencia del padre para los individuos en cautiverio de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.</i> .....	24
<i>Tabla 12. Tabla comparativa de los sexos reportados para los ejemplares en cautiverio de Ara imilitaris provenientes de la UMA Africam Safari y los obtenidos en este estudio por medio de los primers 1237L y 1272H.</i> .....	26
<i>Tabla 13. Microsatélites utilizados para las pruebas de paternidad de los individuos en cautiverio de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari.</i> .....	27
<i>Tabla 14. Resultados de la prueba de asignación de la pareja de padres de los individuos de Ara militaris.</i> .....	28
<i>Tabla 15. Resultados de las pruebas de paternidad con madres conocidas para individuos en cautiverio de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari.</i> .....	31

*Tabla 16. Resultado de las pruebas de maternidad con padres conocidos para individuos en cautiverio de Ara militarís provenientes de la UMA Africam Safari.....31*

*Tabla 17. Resultados del el análisis de maternidad para los individuos en cautiverio de Ara militarís provenientes de la UMA Africam Safari, que no contaban con información del padre. ....33*

*Tabla 18. Confirmación del parentesco de las familias en cautiverio de Ara militarís provenientes de la UMA Africam Safari, a partir de la combinación de los resultados obtenidos en los análisis anteriores.....36*

## Índice de Figuras

<i>Figura 1. Distribución natural conocida e histórica de Ara militaris (modificado de BirdLife International 2004).</i> .....	2
<i>Figura 2. Distribución histórica y actual de Ara militaris en México</i> .....	6
<i>Figura 3. Aseguramientos de Guacamaya verde realizados por la Procuraduría Federal de Protección al ambiente de Septiembre de 1995 a Enero de 2008.</i> .....	11
<i>Figura 4. Individuos de Ara militaris nacidos en cautiverio autorizados para aprovechamiento de 2002 a 2006.</i> .....	13
<i>Figura 5. Ejemplo de la electroforesis efectuada para observar los resultados obtenidos del sexado de individuos de A. militaris provenientes de la UMA Africam Safari, mediante PCR con los primers 1237L y 1272H.</i> .....	25
<i>Figura 6. Dendograma de similitud por medio de una prueba de parentesco (kinship).para los individuos de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari que fueron reportados como nacidos en cautiverio.</i> .....	33
<i>Figura 7. Vista simplificada de las relaciones de parentesco confirmadas o rechazadas de los individuos en cautiverio de Ara militaris provenientes de la UMA Africam Safari, según los resultados de este estudio.</i> .....	37

## **Resumen**

La guacamaya verde (*Ara militaris*) es una especie en peligro de extinción debido a la pérdida de su hábitat, la fragmentación de las poblaciones restantes y su extracción para el mercado ilegal de mascotas. Como parte de las acciones de conservación desarrolladas en México, figuran la reproducción en cautiverio y el registro de los pies de cría y sus polluelos nacidos mediante el uso de anillos cerrados. Sin embargo, las medidas hasta ahora tomadas no han sido efectivas para impedir que polluelos de guacamaya extraídas de poblaciones silvestres, sean comercializadas como individuos nacidos en cautiverio (también conocido como “lavado de especies”), debido a que hasta la fecha no existe la posibilidad de probar su procedencia. A partir de dicha problemática, los análisis genéticos se muestran como una alternativa real para comprobar las paternidades de los individuos que se reportan como nacidos en cautiverio. Usando muestras de sangre de una población de guacamaya verde proveniente de una UMA, de la cual se conocía previamente las relaciones de crías y pies de crías de algunos individuos, se realizó un análisis mediante el uso de marcadores moleculares para comprobar o rechazar estas relaciones y así emitir un certificado que funcione como una estrategia de conservación que pueda ser empleada por autoridades gubernamentales a las UMAs y criaderos para evitar el comercio ilegal y el lavado de especies en el país. Mediante análisis de paternidad por exclusión y máxima verosimilitud, se logró comprobar la paternidad del 70% de los individuos a los que se pudo comparar su información genética con la de sus supuestos progenitores (padre y madre). Del resto de los individuos que sólo contaban con información genética de uno de los padres, se pudo establecer la relación en aquellas crías a las que la información genética del padre conocido era mayor que la que podía haber sido heredada por el otro progenitor.

## **Abstract**

The Military Macaw (*Ara militaris*) is an endangered species that is declining mainly by habitat loss, fragmentation of the remaining populations and illegal pet trade. In México, one conservation strategy has been the reproduction of captive individuals and the registration of their chicks using closed bands. Nevertheless, it has been not enough to avoid that wild individuals can be commercialized as “captive-born macaws” because at this time, there is no way to prove their source. Genetic analyses can be used as an alternative to demonstrate the paternities of captive-born individuals. I used blood samples of a Military Macaws obtained from a captive population of this species where the parentage relationships were known, and using molecular markers accept or reject their registered relationships. This methodology can be useful to issue a certificate as a conservation strategy that would be employed by governmental authorities to UMAs, pet stores and captive-breeding places to avoid the illegal trade of the species in México. By means of both, exclusion and maximum-likelihood parentage tests, I was able to confirm 70% of the born captive macaws’ paternities, representing the whole sample of individuals where mother and father information was available. For individuals where I can only have samples of one of their parents, I was only able to establish parentage relationships on the macaws where genetic information was closer to that parent.



# INTRODUCCIÓN

## *La Guacamaya Verde: Descripción e Historia Natural*

### **Características de la especie.**

Los pericos, guacamayas y cacatúas pertenecen al Orden Psittaciformes, aves que se caracterizan por tener el pico grande con el maxilar cubriendo la mandíbula, ambos curvados hacia adentro; la estructura de la mandíbula y la lengua es compleja y altamente desarrollada. Otras características importantes son el cuello y piernas cortas, patas zigodáctilas, la habilidad para usar su pico como una extremidad más y utilizar sus patas para manipular la comida (Forshaw 1977, Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995, Forshaw 2006). El Orden aunque es notablemente homogéneo, no tiene relaciones de linaje cercanas entre sus dos grandes familias: Las cacatúas pertenecen a la Familia Cacatuidae, mientras que las guacamayas y pericos, a la Familia Psittacidae (Collar 1997, Rowley 1997, Sibley 2001)

Las guacamayas (género *Ara*) se distinguen del resto de los psitácidos por su gran tamaño y la longitud de su cola. La guacamaya verde (*Ara militaris*) posee la frente roja, un parche desnudo en la cara alrededor del ojo (de color blanco a rojizo) con líneas transversales de plumas oscuras; el resto de la corona, nuca y cuerpo de color verde, excepto la garganta que es de color oliváceo, y la parte baja de la espalda, la rabadilla y las cobertoras de la cola de color azul; las supracobertoras alares son verdes con tonos oliváceos, las plumas de vuelo son azules y amarillo brillante en la parte inferior; la cola es azul arriba con rojo en la base y amarillo por debajo. Linneo fue el primero en clasificar la especie como *Pssittacus militaris* en 1778, aunque no reportó la localidad se sugiere que fue en Colombia (Forshaw 1977, Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995, Collar 1997).

### **Distribución**

#### **Distribución histórica y actual en el Continente Americano**

La distribución histórica de la guacamaya verde en América incluía el norte de México, el norte de Venezuela, este y sur de Colombia, este del Ecuador, noreste de Perú, este de Bolivia y noroeste de Argentina (Forshaw 1977, American Ornithologist' Union 1983, Iñigo-Elias 2000, BirdLife International 2004); no existen datos de distribución en Centroamérica, donde habita una especie morfológicamente parecida, la guacamaya bufón (*Ara ambigua*). Hasta la fecha, no se sabe cuales sean las relaciones filogenéticas entre *A. ambigua* y *A. militaris*, aunque datos no publicados de Jessica Eberhard (com. pers.) con el gen COI mitocondrial, indican la existencia de relaciones cercanas entre éstas; sin embargo, no cuenta con los suficientes datos para decir si las muestras de las dos especies forman clados recíprocamente monofiléticos.

En la actualidad permanece en México y Sudamérica en poblaciones fragmentadas (Figura 1), y han sido reportadas en diferentes Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs o IBAs por sus siglas en inglés; Arizmendi y Marquez-Valdelamar 2000, Di Giacomo 2005, Franco y Bravo 2005, Franke et al. 2005, Freile y Santander 2005, Lentino y Escalans 2005, Soria-Auza y Hennesey 2005) (Tablas 1 y 2). Las poblaciones en México han disminuido considerablemente, la especie prácticamente ha desaparecido en el suroeste mexicano (Iñigo-Elias com. pers.), y se desconoce el estado poblacional de muchos sitios donde se ha registrado su presencia.

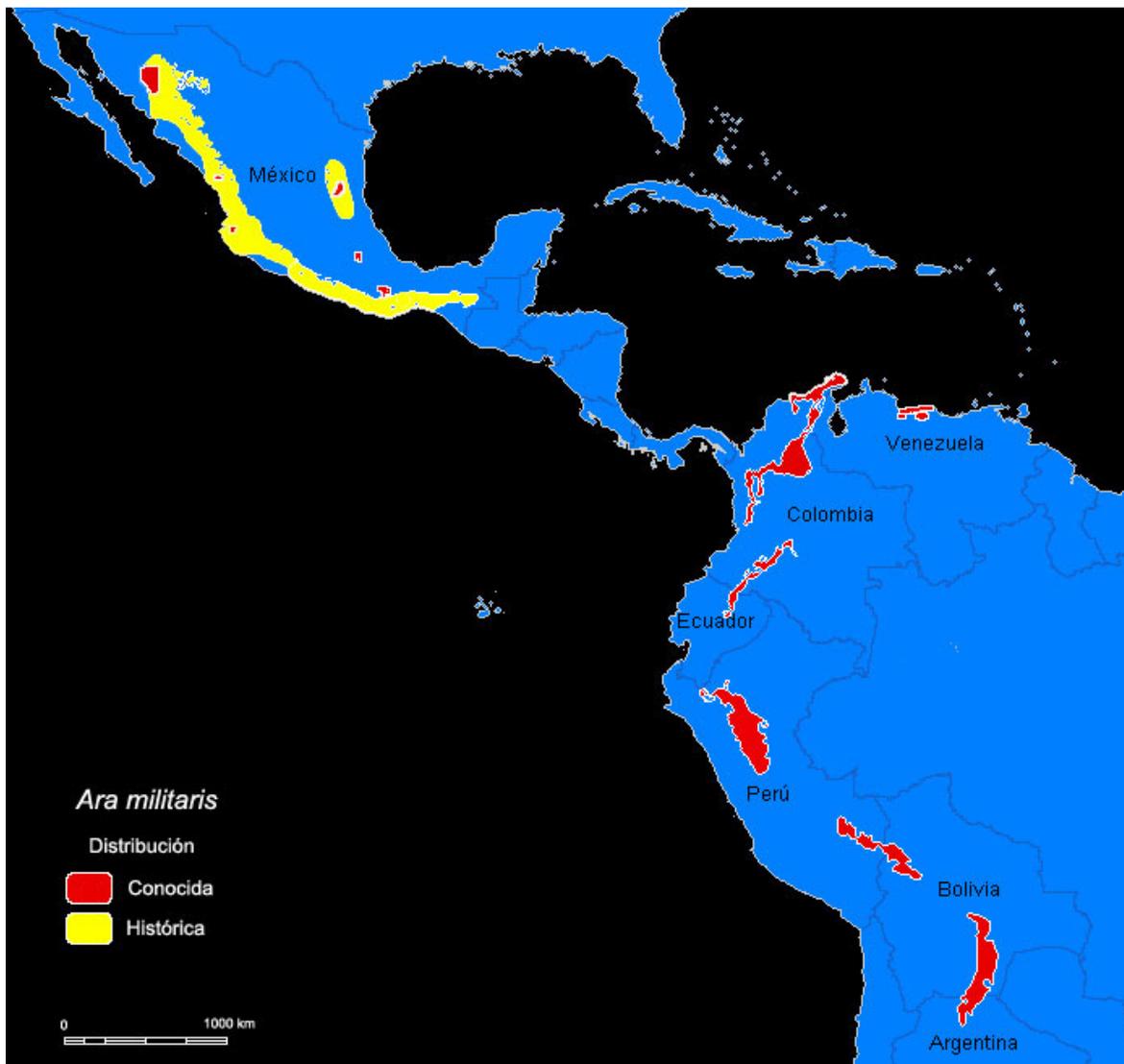


Figura 1. Distribución natural conocida e histórica de *Ara militaris* (modificado de BirdLife International 2004).

Tabla 1. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) en Sudamérica donde se ha reportado la presencia de *Ara militaris*.

País	Nombre del AICA	Clave del AICA	Coordenadas
Bolivia	Yungas Inferiores de Amboró	BO013	63°60'W 17°38'S
Bolivia	Yungas Inferiores de Carrasco	BO012	64°59'W 17°19'S
Bolivia	Yungas Inferiores de Madidi	BO030	68°42'W 13°54'S
Bolivia	Yungas Superiores de Apolobamba	BO015	68°53'W 15°2'S
Colombia	Cerro Pintado	CO071	72°56'W 10°28'N
Colombia	Cuchilla de San Lorenzo	CO005	73°60'W 11°9'N
Colombia	Eco-parque Los Besotes	CO010	73°18'W 10°34'N
Colombia	Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos	CO065	76°8'W 1°36'N
Colombia	Parque Nacional Natural Las Orquídeas	CO023	76°17'W 6°35'N
Colombia	Parque Nacional Natural Macuira	CO002	71°20'W 12°9'N
Colombia	Parque Nacional Natural Tayrona	CO006	74°3'W 11°19'N
Colombia	Reserva El Oso	CO165	76°27'W 1°50'N
Colombia	Serranía de los Churumbelos	CO066	76°22'W 1°22'N
Colombia	Valle de San Salvador	CO004	73°33'W 11°7'N
Colombia	Valle del Río Frío	CO007	74°4'W 10°55'N
Ecuador	Cordillera de Huacamayos-San Isidro-Sierra Azul	EC051	77°57'W 0°48'S
Ecuador	Cordillera de Kutukú	EC082	78°1'W 2°43'S
Ecuador	Parque Nacional Sangay	EC061	78°23'W 2°7'S
Ecuador	Parque Nacional Sumaco-Napo Galeras	EC050	77°33'W 0°23'S
Ecuador	Reserva Ecológica Cayambe-Coca	EC049	77°50'W 0°1'S
Ecuador	Reserva Ecológica Cofán-Bermejo	EC048	77°24'W 0°18'N
Peru	Alto Mayo	PE055	77°31'W 5°56'S
Peru	Manu	PE125	71°46'W 12°10'S
Peru	Moyobamba	PE056	77°4'W 6°10'S
Peru	Santuario Nacional Tabaconas-Namballe	PE050	79°14'W 5°9'S
Peru	Sur de la Cordillera de Colán	PE053	78°6'W 5°46'S
Venezuela	Parque Nacional El Ávila	VE028	66°38'W 10°32'N
Venezuela	Parque Nacional Guatopo	VE027	66°33'W 10°5'N
Venezuela	Parque Nacional Henri Pittier	VE031	67°38'W 10°25'N
Venezuela	Parque Nacional Morrocoy	VE007	68°13'W 10°49'N
Venezuela	Parque Nacional Perijá	VE018	72°59'W 9°41'N
Venezuela	Refugio de Fauna Silvestre Cuare	VE008	68°20'W 10°56'N
Venezuela	Zona Protectora San Rafael de Guasare	VE017	72°28'W 10°48'N
Argentina	Rio Seco	SA18	64°00'W 22°37'S
Argentina	Itiyuro-Tuyunti	SA10	63°40'W 22°06'S
Argentina	Santa Victoria, Salta	SA04	64°42'W 22°30'S

Fuentes: **Argentina** Di Giacomo (2005); **Colombia** Franco y Bravo (2005); **Perú** Franke et al. (2005); **Ecuador** Freile y Santander (2005); **Venezuela** Lentino y Escalans (2005); **Bolivia** Soria-Auza y Hennesey (2005)

Tabla 2. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) en México, en donde se ha reportado la presencia de *Ara militaris*.

No. AICA	Nombre del AICA	Estado	Clave-AICA
126	Sistema de Sierras de la S. M. Oc.	Sonora	NO-38
127	Cuenca del Río Yaqui	Sonora	NO-39
128	Alamos-Río Mayo	Chihuahua y Sonora	NO-40
21	Omiltemi	Guerrero	C-26
5	Tancitaro	Michoacán	C-05
6	Reserva de la Biosfera Sierra Gorda	Querétaro	C-06
7	Sótano del Barro	Querétaro	C-08
11	Sierra Norte	Oaxaca	C-13
19	Acahuizotla-Agua del Obispo	Guerrero	C-24
23	Cuenca Baja del Balsas	Guerrero y Michoacán	C-28
25	Coalcomán-Pómaro	Michoacán	C-30
33	Chamela-Cuitzmala	Jalisco	C-38
46	El Carricito	Jalisco	C-55
57	Cerro Piedra Larga	Oaxaca	C-66
59	Presa Cajón de Peñas	Jalisco	C-68
74	San Juan de Camarones	Durango	NE-15
77	Río Presidio-Pueblo Nuevo	Durango y Sinaloa	NE-18
79	La Michilía	Durango	NE-20
82	San Antonio Peña Nevada	Nuevo León	NE-23
85	El Cielo	Tamaulipas	NE-26
233	Monte Escobedo	Zacatecas	NE-37
166	La Sepultura	Chiapas	SE-20

Fuente: Arizmendi y Márquez –Valdelamar 2000

### Distribución en México.

Se tienen registros desde 1910 en revistas científicas (indexadas y no indexadas), tesis y reportes de investigación (Tabla 3).

El Museo de Zoología Alfonso L. Herrera en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con una base de datos de especímenes depositados en diferentes colecciones del mundo desde 1868 en 12 estados de la República Mexicana. Adicionalmente se tienen reportes de poblaciones en AICAs (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000) y Áreas Naturales Protegidas (ANPs) (Macías-Caballero et al. 2000) (Figura 2). Al revisar estos datos, es evidente que hace falta realizar estudios acerca de su distribución actual, pues se desconoce la situación de las poblaciones de muchos de los sitios que se reportaron y aún existen poblaciones por explorar, entre ellas algunas en Guerrero (Jiménez-Arcos com. pers., Soberanes-González obs. pers.), Chihuahua (Iñigo-Elias com. pers.) y Nayarit (Arizmendi com. pers.).

Tabla 3. Literatura en la que se ha registrado la presencia de *Ara militaris* en México.

Autor(es)	Año de registro	Localidad	Estado	Coordenadas	Observaciones
Lamb 1910	1909	Las Penas, Bahía Banderas	Nayarit	-----	-----
Sutton & Burleigh 1940	1939	Tamazunchale	San Luis Potosí	-----	Reporte de la expedición de John B. Semple
Sutton & Pettingill 1942	1941	Rancho Rinconada, Gómez Farias	San Luis Potosí	-----	Reporte de la expedición de John B. Semple
Alvarez del Toro 1952	1943	La Gloria, Arriaga	Chiapas	-----	-----
Sutton et al. 1950	1947	El Salto	San Luis Potosí	-----	-----
Zimmerman & Bryan 1951	1949	Autlán	Jalisco	-----	-----
Stager 1954	1950	Barranca del Cobre	Chihuahua	-----	-----
Baker 1958	1957	Vicente Guerrero	Durango	-----	-----
Gardner 1972	1963	Finca Patichuiz, Las Margaritas	Chiapas	-----	-----
Rowley 1984	1966	Tequisistlán	Oaxaca	-----	-----
Short 1974	1971	Alamos	Sonora	-----	-----
Peterson et al. 2004	1993	Cerro Piedra Larga	Oaxaca	16°36.469'N, 95°48.045'W	-----
Peterson et al. 2003	1994	Zona de la Cañada y Santiago Quiotepec	Oaxaca	17°53'55" y 17°52'11"N, 98°58'54" y 97°00'23"W	-----
Dirección de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán 2001	2001	Río Sabino y Río Seco, Tecomavaca	Oaxaca	17°57'N, 97°05'W	-----
Almazán-Núñez y Nova-Muñoz 2006	2005	La Higuera	Guerrero	17°42'N, 100°58'W	-----
Arizmendi et al. 2002	1985-86	Estación de Biología Chamela	Jalisco	-----	Registradas como transitorias
Miller & Gingrich 2000	1997-00	Ejido Pino Gordo	Chihuahua	26°32'30"N, 107°0'45"W	-----
Loza 1997	1995-96	Presa Cajón de Peña, Tomatlán	Jalisco	20°31'50"N, 105°32'30"W	-----
Carreón 1997	1994-96	Presa Cajón de Peña, Tomatlán	Jalisco	20°31'50"N, 105°32'30"W	-----
Rubio et al. 2007	1999-06	Cosalá	Sinaloa	24°23'30" y 24°24'20"N, 106°37' y 106°36'10"W	-----
Gaucin et al. 1999	1997-99	Sótano del Barro y Sáuz de Guadalupe	Querétaro	21°18'N, 99°40'W y 21°14.50'N, 99°37.54'W	-----
Brito 1999	1997-99	Reserva de la Biosfera el Cielo	Tamaulipas	22°55'30" y 23°25'50"N, 99°05'50" y 99°26'30"W	-----
Rivera-Ortiz et al. 2008	2005-06	Cañon del Sabino, Tecomavaca	Oaxaca	17°57'N, 97°05'W	-----
Steadman et al. 2002	-----	Paso de la Amada, Soconusco	Chiapas	14°53'N, 92°28'W	Huesos encontrados zona arqueologica 3600 a 3150 años

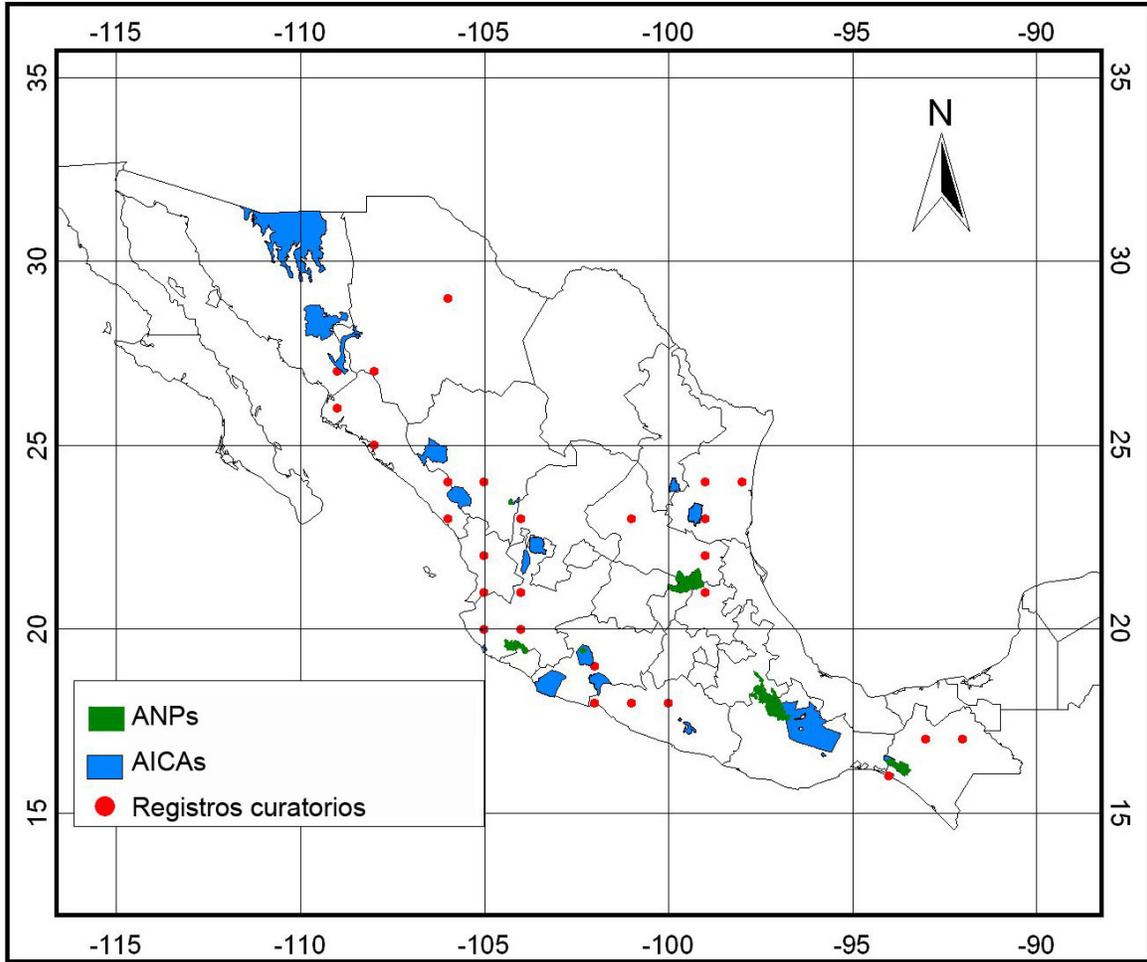


Figura 2. Distribución histórica y actual de *Ara militaris* en México. Los puntos representan los registros curatorios de diferentes colecciones del mundo según la base de datos del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera (Navarro 2008, datos no publicados) los sitios marcados en azul representan las AICAs (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000) y los sitios en verde, a las ANPs donde se reporta la presencia de la especie (Macías-Caballero et al. 2000). Mapa elaborado por Claudia I. Rodríguez-Flores.

### Hábitat y recursos necesarios para la supervivencia de la especie en México.

De acuerdo con los datos obtenidos de las poblaciones más estudiadas en México, ésta ocupa hábitats entre los 80 y 1860 msnm., en vegetaciones de bosque de encino, selva baja caducifolia y selva mediana (Tabla 4). Se sabe que las poblaciones de guacamaya verde realizan migraciones locales en áreas donde existe una combinación de la mayoría o todos los tipos de vegetación antes descritos, y se desplaza dependiendo de sus necesidades alimenticias y de reproducción (Contreras-González 2007, Macías-Caballero et al. 2000). Se conocen más de 33 especies de plantas de las cuales se alimenta; *Hura polyandra* es la especie que más se ha registrado en los sitios donde habita. (Tabla 4).

Tabla 4. Comparativo de los estudios realizados a diferentes poblaciones de *Ara militaris* en México.

Autor	Localidad	Ubicación	Altitud (msnm)	TMA (°c)	PA (mm)	TP	Hábitat				Ciclo reprod.	SA	Anidación			Pernoctancia	Especies de las que se alimenta	
							CAÑ	BE	SBC	SM			Especies de arboles en que anidan ó sustrato	Número de nidos	AN (m)			
Arizmendi e Iñigo-Elias 2008 /Rivera-Ortiz et al. 2007 /Contreras-González et al. 2007	Cañón del Sabino, Oaxaca (Cañada Oaxaqueña)	17°51'57"N, 97°01'50"W	800 a 900	22	650	90	x		x			febrero a octubre	cañón	caliza	5 nidos determinados y 40 potenciales		arboles debajo del cañón (en grupos) y en huecos-dormitorio	<i>Bursera aptera</i> (semilla), <i>Bursera schlechtendalli</i> (semilla), <i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (Semillas y pulpa del fruto), <i>Plumeria rubra</i> (latex), <i>Cyrtocarpa procera</i> (hojas y flores), <i>Tilandsia grandis</i> (agua de las hojas), <i>Tilandsia mayokana</i> (hoja)
	Coyula, Oaxaca (Cañada Oaxaqueña)	17°55'N, 96°56'W	1100 a 1600	15 y 22	650 a 1200	40		x	x									<i>Celtis Caudata</i> (semilla), <i>Bunhosia montana</i> (pulpa del fruto)
Gaucín et al. 1999	Sótano del Barro, Querétaro	21°18'N, 99°40'W	1860	16 y 18	600	79	x	x	x				cañón	caliza	7 nidos determinados y 60 nidos potenciales	200		<i>Melia azedarach</i> (Hojas (durante todo el año y frutos secos, verdes y maduros), las siguientes son consumidas en menor importancia y consumen principalmente el fruto y la semilla: <i>Pseudobornax ellipticum</i> , <i>Locharpus rugosus</i> , <i>Lisyloa microphylla</i> , <i>Quercus affinis</i> , <i>Q. castanea</i> , <i>Q. crassifoli</i> , <i>Carya illinoensis</i> y <i>Juglans mollins</i> )
	Sáuz de Guadalupe (Cañon de Arroyo Hondo), Querétaro	21°14.50'N, 99°37.54'W	1470	16 y 18	600	47		x	x				cañón	caliza	2 nidos determinados y 30 potenciales	200		
Rubio et al. 2007	Cosalá, Sinaloa	24°23'30" y 24°24'20"N, 106°37" y 106°36'10"W	400 a 800			39	x	x	x	x			cañón		3 parejas anidando			<i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Hura polyandra</i> , <i>Lisyloa acapulcensis</i> , <i>L. divaricata</i> , <i>Maclura tinctoria</i> , <i>Ficus glaucescens</i> , <i>F. mexicana</i> , <i>Psidium sartorianum</i> , <i>Sideroxylon persimile</i> (no menciona las partes que consume la especie)
Carreón 1997	Presa Cajón de Peñas, Jalisco	20°31'N, 105°30'W	202 a 1100			54		x	x	x		octubre a marzo	árboles	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Sideraxilon cappiri</i> , <i>Brossium alicastrum</i> , <i>Croton Draco</i> , <i>Hura polyandra</i> y <i>Tabebuia rosea</i>	18 nidos activos y 27 cavidades potenciales	15.3	dentro de los nidos ó en árboles cercanos a los nidos	<i>Ecyllia lancifolia</i> (bulbo), <i>Epidendrum ciliare</i> (bulbo), <i>Hura polyandra</i> ,
Loza 1997	Presa Cajón de Peña, Jalisco	20°31'N, 105°30'W	202 a 1100	20 y 28	1000 a 1600			x	x	x			árboles					<i>Hura polyandra</i> (frutos maduros o secos), <i>Brosimum alicastrum</i> (fruto), <i>Ceiba pentrandia</i> (semilla), <i>Encyolia cf lancifolia</i> (Bulbo), <i>Spondias mombin</i> (Fruto), <i>Couepia polyandra</i> (fruto dentro de nido)
Gómez 2004	Jocotlán, Jalisco	19°39'58" y 19°56'37"N, 104°46'14" y 105°01'37"W	80 a 1225	28	1828	35		x	x	x		septiembre a marzo	árboles	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Hura polyandra</i>	6 activos y 7 potenciales	18		<i>Hura polyandra</i> (no menciona la parte consumida)

TMA: Temperatura Media Anual; PA: Precipitación Anual; TP: Tamaño poblacional; CAÑ: Cañadas; BE: Bosque de Encino; SBC: Selva Baja Caducifolia; SM: Selva Mediana; SA: Sustrato en que anida la especie; AN: Altura a la que se encuentra el nido.

De toda la información disponible, el estudio de Contreras-González (2007, et al. 2009) investiga con mayor detalle la dieta de la especie en la zona de la Cañada Oaxaqueña, el cual incluye análisis de disponibilidad de alimento y calidad nutricional. En este sitio, la población tiene una dieta especializada y los sitios donde se alimenta presentan fluctuaciones de disponibilidad de alimento, factor que está directamente relacionado con sus migraciones locales; además, durante la época reproductiva, consume altos niveles de lípidos y proteínas de las semillas de *Neobuxbaumia tetetzo* y lípidos del látex de *Plumeria rubra*, necesarios para la obtención de energía en actividades como la búsqueda de parejas, selección de cavidades, cópulas y puesta de huevos .

El ciclo reproductivo de *Ara militaris* comprende desde la búsqueda de pareja hasta el abandono del nido por parte de los volantones. En los sitios conocidos hasta ahora, el período del ciclo reproductivo es diferente: Gómez (2004) y Carreón (1997) reportan ciclos reproductivos que inician en septiembre y octubre respectivamente, y ambos concluyen en marzo; a diferencia del trabajo de Rivera-Ortiz (2007) en donde el ciclo inicia en marzo y concluye en octubre (Tabla 5). Cabe mencionar que en los dos primeros sitios, anida en huecos de árboles, mientras que en el último anidan en las paredes de un cañón (Tabla 3), sin embargo, no existen datos que indiquen que su ciclo reproductivo se modifique dependiendo del sustrato donde anide.

Tabla 5. Ciclo reproductivo de *Ara militaris* en tres diferentes poblaciones de la República Mexicana.

Evento/Meses	Rivera-Ortiz 2007 (Paredes de Cañón)												Gómez 2004 (Árboles)												Carreón 1997 (Árboles)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cortejo																																				
Selección de nidos																																				
Cópula																																				
Puesta de huevos																																				
Incubación																																				
Pichones																																				
Volantones																																				
Duración total del ciclo																																				

Durante la selección de nidos, se observa a las parejas de guacamaya verde llegar a los árboles cerca de las oquedades, y al menos uno de los individuos se asoma o entra a éstas, repitiendo el comportamiento en otros nidos potenciales (Carreón 1997, Rivera-Ortiz 2007). En lugares como el Sótano del Barro y El Cañón del Sabino, las guacamayas anidan en huecos de

las paredes de cañones, cuyas dimensiones interiores son desconocidas debido a la dificultad para acceder a ellas (Gaucín et al. 1999, Rivera-Ortíz 2007). Únicamente Gaucín et al. (1999) refieren que las oquedades de los nidos en el Sótano del Barro tienen de 0.3 a 2 m de diámetro.

En lo referente a las poblaciones que anidan en huecos de los árboles, como Cajón de Peñas o Jocotitlán, los nidos se encuentran en árboles con un DAP (Diámetro a la altura del pecho) entre 0.92 a 1.97 m, la altura de los nidos varía entre 14 y 15 m y la profundidad del nido de 39.5 cm en promedio (Carreón 1997, Gómez 2004).

El tamaño de la nidada es 1 de 4 a huevos por puesta. Carreón (1997), registró en dos nidos en árboles seis huevos, aunque indica que estos datos pueden ser confusos, pues el árbol tenía tres entradas y existe la posibilidad de que fueran varias parejas las que anidaron. Este estudio indica que los huevos eclosionan en aproximadamente 23 días, los polluelos permanecen en el nido y son alimentados por sus padres entre 91 y 122 días; a los 61 días de edad, éstos salen del nido por primera vez. La supervivencia de los polluelos varía, pues existen varios factores que influyen en ésta como la depredación y el saqueo de nidos.

En cuanto al éxito reproductivo, poblaciones que anidan en oquedades de paredes verticales como la del Cañón del sabino y la del Sótano del Barro, reportan éxitos reproductivos del 14.9% en el primer sitio (Rivera-Ortiz 2007) y entre 8.5% y 23% en el segundo (Gaucín et al. 1999). En el caso de poblaciones anidando en oquedades de árboles como la del Cajón de Peñas, el éxito fue de 66.6% (Carreón 1997, Loza 1997), lo que representa un porcentaje superior. Brightsmith (2005) dice que la anidación en los huecos de los árboles es una conducta ancestral de los psitácidos y que actualmente la mayor parte de los géneros han desarrollado la capacidad para explotar otros sitios de anidación, aunque su éxito reproductivo es menor, lo cual aplica a los resultados de éstas poblaciones.

### ***Problemática de las Poblaciones de Guacamaya Verde en México.***

Las poblaciones de *Ara militaris* en México se ven afectadas por diversas razones:

- I. El saqueo de polluelos de los nidos para su comercio ilegal tanto en el país como en el extranjero. La gran demanda de psitácidos para el mercado de mascotas, genera cuantiosas ganancias al mercado ilegal, lo que desencadena una captura desmedida de pollos y adultos de poblaciones silvestres. Se estima que en 1994 el precio de una guacamaya verde en el mercado ilegal en México, oscilaba entre los \$200 y \$1000 pesos por individuo, dependiendo de las condiciones de edad, plumaje, salud y mansedumbre (Iñigo-Elias 2000); en 2001, el precio en Estados Unidos era entre los

\$450 y \$1150 USD (Wright et al. 2001). Actualmente el precio de una guacamaya verde es de \$373 en promedio (Cantú-Guzmán et al. 2007).

- II. Métodos de captura. Los ejemplares de guacamaya verde suelen ser atrapados en sus nidos y la práctica más común es derribar los árboles donde habitan, con lo que además de matar en la mayoría de los casos a los individuos dentro de la cavidad, destruyen los sitios de anidación de la especie, los cuales son un recurso limitante para su reproducción (Wright et al. 2001, Iñigo-Elias y Enkerlin-Hoeflich 2003).
- III. Destrucción del Hábitat. La expansión de la población humana, el incremento en el uso de tierras para agricultura y ganadería, la explotación de sitios para turismo, la tala inmoderada, entre otras actividades antropogénicas, ha ocasionado la destrucción del hábitat de la guacamaya verde y por lo tanto, la fragmentación y aislamiento de sus poblaciones (Collar 1997, Wright et al. 2001, Forshaw 2006).

### ***Situación Actual y Esfuerzos para la Conservación de la Especie.***

Los factores antes mencionados, han causado que internacionalmente la guacamaya verde se encuentre con categoría de especie vulnerable (VU) de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), y en el Apéndice I de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (BirdLife Internacional 2004).

En México, reglamentaciones como la NOM-059-SEMARNAT-2001, considera a *Ara militaris* como una especie en peligro de extinción (p) (SEMARNAT 2002); de este modo, la especie queda protegida en la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) la cual considera que las poblaciones silvestres de especies en peligro de extinción están exentas de cualquier aprovechamiento, y sólo se podrá autorizar su aprovechamiento cuando se de prioridad a la colecta y captura para fines de restauración, repoblamiento y reintroducción (Gobierno Federal 2000).

La ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente, contempla entre otros puntos, el establecimiento de Áreas naturales protegidas (ANPs) dentro del territorio mexicano, que fueron creadas para la preservación de ambientes naturales en las cuales se protegen y aseguran el aprovechamiento de los ecosistemas y las especies que ahí habitan (Gobierno Federal 1998). En este sentido, existen 8 poblaciones de *Ara militaris* protegidas dentro de las ANPs (Figura 2) y de éstas, hasta la fecha, sólo 4 poblaciones han tenido un seguimiento de investigación y en ninguna de ellas se tiene un plan de manejo y conservación para la especie en particular. De las otras zonas en las que ha sido registrada esta especie (Tabla 3 y Figura 2), se desconoce totalmente el estado actual de conservación de las poblaciones.

En el caso de la población de *Ara militaris* que habita en la zona de la Cañada Oaxaqueña, gracias al estudio y monitoreo que durante varios años se ha venido haciendo de esta población, así como a la colaboración de los habitantes de las comunidades asentadas en los alrededores y de diversas instituciones, se han implementado acciones para el aprovechamiento sustentable de la zona, en donde existen a la fecha instalaciones como cabañas, asadores, un sendero interpretativo con información de la flora y fauna presentes en el sitio, donde se permite el ingreso controlado de turistas encabezados por un guía de la comunidad, cuyo principal atractivo es la observación de la guacamaya verde en su ambiente natural sin perturbar a la población (Arizmendi com. pers., Valiente-Banuet com. pers.). Otro ejemplo lo constituye el Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, en Cosalá, Sinaloa, donde se cuentan con dos programas, uno de turismo ecológico y otro de educación ambiental comunitaria (Rubio et al. 2007).

Para vigilar y evitar la extracción ilegal de las especies en peligro, existen órganos dependientes del Gobierno como la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la cual ha realizado 810 aseguramientos de individuos de guacamaya verde de septiembre de 1995 a enero de 2008. (SEMARNAT 2008a) (Figura 3)

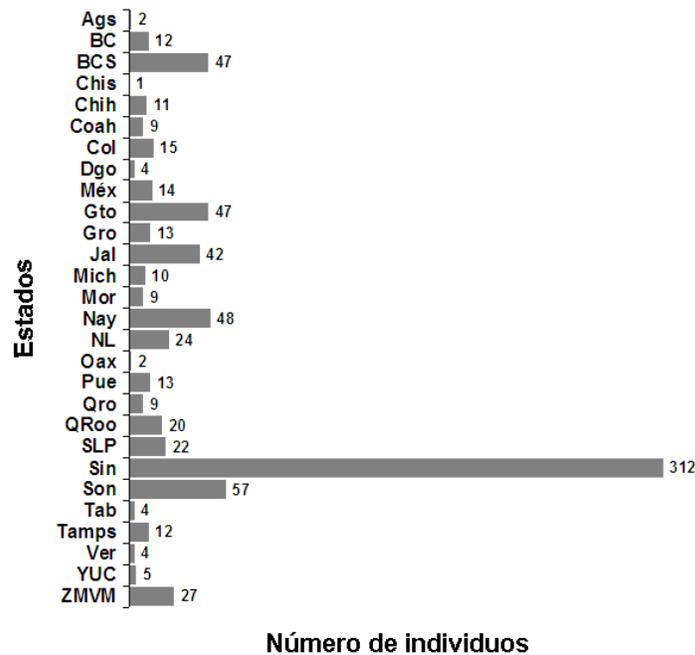


Figura 3. Aseguramientos de Guacamaya verde realizados por la Procuraduría Federal de Protección al ambiente de Septiembre de 1995 a Enero de 2008. Fuente: SEMARNAT (2008a).

No obstante, se estima que los aseguramientos de psitácidos por parte de la PROFEPA representan sólo el 2% del tráfico ilegal que se realiza en el país y que la estimación de captura ilegal de *Ara militaris* es de 500 ejemplares por año; muchos de ellos, ni siquiera llegan a manos de un comprador, pues la tasa de mortalidad de los individuos capturados es

de 75% debido a las condiciones de traslado y manejo de los ejemplares (Cantú-Guzmán et al. 2007)

Por otro lado, Dependencias Federales como la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y numerosas Organizaciones no gubernamentales promueven y otorgan recursos para el conocimiento de la especie y su conservación. Del mismo modo, existen proyectos como las Áreas de Importancia Para la Conservación de las Aves en México (AICAs o IBAs por sus siglas en inglés) las cuales han considerado 22 sitios donde se encuentran poblaciones de guacamaya verde (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000; Figura 2 y Tabla 2). Un grupo de especialistas reunido por el gobierno federal, llamado el Subcomité Técnico Consultivo para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Psitácidos de México, consideró a *Ara militaris* una de las once especies prioritarias de Psitácidos dentro del país. Dicho Subcomité propone metas a largo plazo como: recuperar las poblaciones silvestres, conocer su estado y mantener su conectividad biológica, erradicar el tráfico ilegal, prohibir la extracción de individuos de poblaciones silvestres; además plantea algunas acciones inmediatas como: realizar censos de distribución y abundancia de la especie, identificar corredores biológicos, proteger los sitios donde se encuentra la especie y promover el ecoturismo en las zonas como una alternativa económica para los pobladores de la región (Macías-Caballero et al. 2000).

Otro punto que contempla la Ley General de Vida Silvestre, es el Sistema de Unidades de Manejo y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (SUMA), que fue creado para la integración de criaderos de fauna silvestre, zoológicos, viveros y jardines botánicos en unidades denominadas UMAs, que permitan el aprovechamiento sustentable de las especies (Gobierno Federal 2000). El SUMA tiene dos formas básicas de manejo: a) de hábitat y desarrollo de poblaciones en vida libre (extensivas) y b) de poblaciones o individuos de especies en cautiverio (intensivas) (Dirección General de Vida Silvestre 2008).

Las UMAs pueden funcionar como centros productores de pies de cría, como nuevas alternativas de conservación y reproducción de especies, como fuentes de apoyo en labores de investigación, educación ambiental y capacitación, así como unidades de producción de ejemplares, partes y derivados que puedan ser incorporados a los diferentes circuitos del mercado legal. Las UMAs están reguladas por CITES, la cual reglamenta el comercio de especies a través de la expedición de permisos, como una estrategia para la conservación y aprovechamiento de las mismas. (Gobierno Federal 2000; Dirección General de Vida Silvestre 2008).

De las 8255 UMAs (intensivas y extensivas), 106 UMAs intensivas se encuentran registradas para realizar aprovechamiento de *Ara militaris* como mascota, pie de cría, exhibición, repoblación e investigación (Tabla 6, Anexo 1), esto es, sin contar los zoológicos, los cuales se

encuentran registrados como UMAS, pero la información enviada por la DGVS, no especifica las especies animales que se encuentran dentro de éstos (SEMARNAT 2007, 2008b)

Tabla 6. UMAS para aprovechamiento de *Ara militaris* por Estado en la República Mexicana.

Estado	Número de UMAS	Estado	Número de UMAS
Estado de México	12	Colima	3
Guanajuato	11	Nayarit	3
Yucatán	8	Querétaro	3
Distrito Federal	7	Hidalgo	2
Jalisco	7	Michoacán	2
Morelos	7	San Luis Potosí	2
Puebla	7	Tlaxcala	2
Quintana Roo	5	Veracruz	2
Sinaloa	5	Chiapas	1
Nuevo León	4	Guerrero	1
Tamaulipas	4	Tabasco	1
Aguascalientes	3	Baja California Sur	1
Chihuahua	3		

Fuente: SEMARNAT (2007, 2008b).

Sin embargo, no todas las UMAS se dedican a la crianza, pues basta con tener una colección de psitácidos para poder registrarse en el SUMA como criadero (Cantú-Guzmán et al. 2007). Se desconoce cuantas UMAS se dedican realmente a la crianza de *Ara militaris*, aunque se conoce que sólo 21 criaderos recibieron autorizaciones para aprovechamiento comercial de un total 353 individuos nacidos en cautiverio de 2002 a 2006 (SEMARNAT 2005, SEMARNAT 2006; Figura 4 y Anexo 2); del resto de las UMAS, si tienen algún éxito reproductivo, sólo servirá para aumentar sus poblaciones en cautiverio.

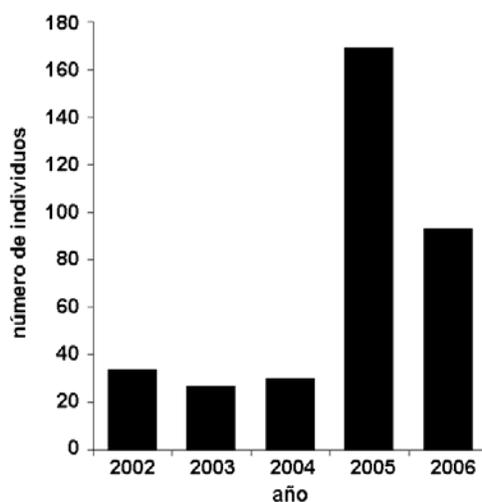


Figura 4. Individuos de *Ara militaris* nacidos en cautiverio autorizados para aprovechamiento de 2002 a 2006. Fuente: SEMARNAT (2005, 2006)

Por otro lado, se ha documentado que la crianza de *Ara militaris* y otros psitácidos para su comercio, no representan un negocio redituable, pues se emplea mucho dinero en el mantenimiento de los individuos, lo que da como resultado altos costos de venta comparados con los precios bajos a los que se venden los ejemplares capturados de manera ilegal (Derrickson y Synder 1992, Cantú-Guzmán et al. 2007). Es entonces cuando los criaderos, lejos de representar una solución integral para evitar la captura ilegal de individuos de poblaciones silvestres, puede convertirse en un canal de comercio para el llamado “lavado de especies”, pues es posible obtener individuos de guacamaya verde con pocas semanas de nacidos a bajo costo de manera ilegal y hacerlos pasar como crías nacidas en cautiverio.

En la actualidad, la forma en la que se tiene un control para corroborar que los individuos han nacido en cautiverio y cuentan con los permisos necesarios de las autoridades a nivel nacional como internacional, es el uso de anillos cerrados autorizados por SEMARNAT, los cuales se colocan a los individuos nacidos en cautiverio a las pocas semanas de eclosionar. Otro instrumento adicional es el uso de un chip insertado en el ave. Éstos mecanismos se complementan, en el caso de los individuos nacidos que se comercializan, con un permiso de venta otorgado por CITES (Macías-Caballero et al. 2000).

No obstante, dichas estrategias no resuelven la problemática en su totalidad, pues las crías capturadas ilegalmente, al ser individuos de pocas semanas de nacidos, pueden ser ingresadas a los criaderos para colocarles un anillo cerrado o un chip y hacerlas pasar como crías de cautiverio. Lo mismo sucede si alguna de las crías nacidas en cautiverio muere por algún motivo, pues se le retira el anillo con el permiso y se coloca a un ilegal recién llegado. Otro método para el “lavado de especies” es la falsificación de anillos cerrados, lo que permite a criaderos y tiendas de mascota vender a más de un individuo con un sólo permiso de CITES. (Iñigo-Elias y Enkerlin Hoeflich 2003)

Investigadores han señalado la importancia de establecer estrategias para poder diferenciar con claridad los individuos nacidos en cautiverio de los nacidos en vida libre para así impedir el lavado de especies, este problema es muy acentuado en los psitácidos y se han realizado talleres y reuniones a nivel mundial acerca del tema (Beissinger 2001, Thomsen y Mulliken 1992). México no es la excepción; el Subcomité Técnico Consultivo para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Psitácidos de México advierte, entre otros puntos, la necesidad de realizar estrategias que impidan éstos problemas, una alternativa que mencionan los especialistas, es el uso de herramientas genéticas que permitan el establecimiento de relaciones de parentesco entre los individuos (Macías-Caballero et al. 2000).

### **Análisis Genéticos como Herramienta de Conservación.**

En la actualidad, el enfoque genético ha cobrado gran relevancia para responder preguntas de interés ecológico, evolutivo o de conservación. Esto ha sido posible en gran medida al desarrollo de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) y los marcadores moleculares, los cuales en su mayoría se basan en la clonación y secuenciación de fragmentos de ADN, mientras que otros, se basan en la identificación y análisis de polimorfismos presentes en forma aleatoria en el ADN (Dodgson et al. 1997, Selkoe y Toonen 2006, Manel et al. 2005, Sunnucks 2000).

Con ayuda de los marcadores moleculares, en el caso de las aves y otros vertebrados se han logrado establecer las relaciones filogenéticas intra e interespecíficas, estimar la diversidad genética de poblaciones que se encuentran disminuidas por diversas razones, estimar el tamaño efectivo de la población, y establecer los efectos de la fragmentación entre otros (Eguiarte et al. 2007, Selkoe y Toonen 2006, Manel et al. 2003, Moritz et al. 2000, Hedrick 1999).

Entre los usos de los marcadores moleculares, se encuentran las pruebas de paternidad, las cuales se han utilizado por ejemplo, para determinar las relaciones extra-pareja en poblaciones que típicamente se consideraban monógamas (Hsu et al. 2006), para proveer información de poblaciones silvestres de especies en peligro, o evitar la endogamia en poblaciones en cautiverio. Los marcadores moleculares más utilizados para este fin, son los microsatélites ó “short sequence repeats” (SSR), los cuales son segmentos cortos de ADN de uno a seis pares de bases (bp) que se repiten en tándem y de forma aleatoria en el genoma de los seres vivos; éstos se han ocupado debido a que son marcadores codominantes, altamente polimórficos y son considerablemente específicos lo que permite diferenciar individuos dentro de una población (Dodgson et al. 1997, Selkoe y Toonen 2006). Actualmente se han caracterizado una gran cantidad de microsatélites para vertebrados, y se han empleado exitosamente para comprobar las paternidades de numerosas poblaciones de vida libre y cautiverio (Golubov y Ortega 2007).

Para los psitácidos en específico, los estudios moleculares han permitido conocer los patrones espaciales y temporales del Género *Pionopsitta* en el centro y sur de América (Ribas et al. 2005), las relaciones filogenéticas de varias especies de pericos neotropicales, incluyendo especies del género *Ara* (Tavares et al. 2004), para lo cual se han utilizado regiones mitocondriales.

Con ayuda de los marcadores moleculares, se han realizado análisis de la variabilidad genética en poblaciones silvestres; Caparroz et al. (2001a) encontraron que una población de *A. chloroptera* tiene mayor variabilidad genética que *A. ararauna* al suroeste de Brasil y que esta

última presenta índices de diversidad genética similares a otras especies vulnerables o en peligro de extinción.

Asimismo, se han caracterizado numerosos marcadores moleculares para diversas especies de Psitácidos como *Cyanoramphus forbesi* (Chan et al. 2005), *Forpus passerinus* (Hughes et al. 1998), el loro Eclectus (*Eclectus roratus*) (Adcock et al. 2005), el Kaka (*Nestor meridionalis*) (Sainsbury et al. 2004), el Kakapo (*Strigops habroptilus*) (Robertson et al. 2000), el perico de Puerto Rico (*Amazona Vittata*) (Brock y White 1992), la guacamaya azul dorado (*Ara ararauna*) Caparroz et al. 2003, la guacamaya Spix (*Cyanopsitta spixii*) (Caparroz et al. 2001b); para la guacamaya Jacinta (*Anodorynchus hyacinthinus*), la lapa verde (*Ara chloroptera*) y la guacamaya azul dorado (*Ara ararauna*) (Faria y Miyaki 2006); todos los autores coinciden en que los marcadores caracterizados para estas especies son de gran utilidad para estudios futuros de ecología y conservación de las especies.

*Amazona guildingii* es la única especie de psitácido a la que se han aplicado pruebas de relaciones de parentesco para el mejor manejo genético de los individuos de una población que ha permanecido muchos años en cautiverio; Russello y Amato (2004) realizaron pruebas de parentesco a 72 individuos de la especie, pertenecientes a 60 individuos fundadores de la población y a 12 individuos nacidos en cautiverio y pertenecientes a dos pares de progenitores. Los resultados mostraron que un enfoque de manejo mediante una combinación de estimadores de parentesco, permite proveer la mayor información genética para maximizar la diversidad genética y minimizar la endogamia en la población.

Para el caso de *Ara militaris*, no existen antecedentes de pruebas de paternidad ni de marcadores moleculares específicos; sin embargo, los marcadores caracterizados para el género, pueden ser utilizados efectivamente en otras especies (Faria y Miyaki 2006). Dichas pruebas, representan una herramienta potencial que permitiría identificar individuos de guacamaya verde introducidos de manera ilegal a criaderos con fines de comercio.

Dada la problemática que presenta la guacamaya verde (*Ara militaris*) en México debido a la extracción de individuos de poblaciones silvestres, y a que las estrategias actuales para el registro y control de los individuos nacidos en cautiverio no han logrado impedir de manera efectiva el lavado de especies, así como comprobar si el individuo declarado como cría efectivamente pertenezca a los pies de cría que existen en las UMAS, los análisis genéticos se muestran como una alternativa real para resolver dicha problemática.

## OBJETIVOS

### *General*

- Comprobar por métodos moleculares si las crías de *Ara militaris* de una UMA (Africam Safari) corresponden a los registros actuales de los pies de cría existentes en el lugar.

### *Particulares*

- Estandarizar las técnicas de determinación de sexo, amplificación de microsatélites y sus análisis de parentesco para *Ara militaris*
- Comparar las paternidades reportadas según la base de datos de Africam Safari con los resultados moleculares obtenidos en este estudio.
- Establecer la prueba como una estrategia de conservación que permita ser aplicable a otras UMAS y tiendas de mascotas del país donde se encuentre la especie.



## MÉTODOS

### *Elección de los Individuos*

Con ayuda de la base de datos de la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT se eligió del SUMA, al Parque Africam Safari (Balsequillo, Puebla, México) debido a que existen gran cantidad de individuos de *Ara militaris* con parejas ya establecidas y sus respectivas crías, además de contar con una base de datos con información del sexo y parentesco de los individuos, lo que permitió la comparación de los resultados de este estudio. Algunos de estos individuos, pese a mostrar las relaciones de parentesco en la base de datos, muestran cierto grado de incertidumbre, debido a que el control estricto de los nacimientos y las relaciones con los padres ha sido reciente (Cornejo com. pers.).

Una vez seleccionados, se tomaron muestras de sangre y plumas a 47 individuos de *Ara militaris* siguiendo las recomendaciones hechas en la Guía para la Utilización de Aves Silvestres en Investigación (Gaunt et al. 1999). Las muestras, se preservaron en solución DMSO (Seutin et al. 1991) y fueron trasladadas al laboratorio, donde se mantuvieron a -20 °C hasta su análisis. Los registros de parentesco de los individuos y su parentesco se muestran en la Tabla 7.

Tabla 1. Registros originales de parentesco de los individuos de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.

	Padre	Madre	Hijo
<b>Familias</b>	24AZUP	25AZUM	01AZUH 40AZUH 45AZUH
			02AZCH 04AZCH 68AZCH 73AZCH 78AZCH
	22GRIP	23GRIM	05GRIH 08GRIH 35GRIH 46GRIH 70GRIH 76GRIH
		67AMAM	10AMAH 14AMAH 49AMAH 60AMAH 62AMAH
		15ROSM	07ROSH 51ROSH 71ROSH
	17CIRP	16CIRM	47CIRH
	28NARP	29NARM	06NARH 09NARH 11NARH 12NARH 32NARH 44NARH 54NARH 59NARH 61NARH 74NARH
		18VERM	52VERH 53VERH 60VERH

Para facilitar la interpretación de los análisis, a cada una de las familias reportadas por Africam Safari se le asignó un color. Por ejemplo, a los padres **24 AZUP** y **25AZUM** marcados con color azul, tienen 3 individuos reportados como hijos (**01AZUH**, **40AZUH**, **45AZUH**), los cuales fueron asignados con el mismo color. Estos hijos por lo tanto son hermanos, que pueden o no haber nacido en la misma nidada.

### ***Extracción de ADN de Sangre y Plumas***

La extracción de ADN se realizó por medio del DNeasy<sup>®</sup> Tissue Kit (Qiagen 2002), de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La técnica de extracción de DNA de plumas se realizó cortando y moliendo la parte más distal de la pluma (ápice) con ayuda de nitrógeno líquido, una vez molido, se realiza la extracción de DNA por medio del DNeasy<sup>®</sup> Tissue Kit (Qiagen 2002), de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

### ***Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)***

#### **Sexado de individuos.**

Las pruebas de sexado son otro método muy recurrido y conocido para los psitácidos, éstos se han ocupado en gran medida para satisfacer las necesidades de conocer los sexos de individuos en cautiverio de numerosas especies en zoológicos y particulares (Jensen et al. 2003)

Al no existir ninguna prueba de sexado reportada para *Ara militaris*, se eligieron los primers 1237L (5´-GAGAACTGTGCAAACAG-3´) y 1272H (5´-TCCAGAATATCTTCTGCTCC-3´) descritos por Kahn et al. (1998) y utilizados con éxito para el sexado de individuos del género *Ara* y otras aves por Jensen et al. (2003). Se realizó un PCR previo con el fin de encontrar la mejor temperatura de alineamiento de los primers, y probar la efectividad de éstos en el sexado de individuos de guacamaya verde.

Las amplificaciones de PCR se llevaron a cabo en reacciones de 25 µl que contenían: 1X de buffer de reacción, concentraciones variables de MgCl<sub>2</sub> (4-6.7 mM), 1 µM de dNTPs, 2 µM de cada primer, 0.2 U de Taq Polimerasa y 2 µL de ADN de la extracción previa (plumas y/o sangre). Las amplificaciones fueron llevadas a cabo en un termociclador en tres pasos: 1) desnaturalización a 95°C por 5 min.; 2) amplificación en 35 ciclos a 95°C durante 45 seg., a 52° por 45 seg. y 72°C por 2 min.; 3) una extensión final a 72° C por 7 min. Los fragmentos de PCR fueron separados por medio de una electroforesis en gel de agarosa al 2% durante 40 min. a 100V. Los resultados del sexado por métodos moleculares se compararon con el sexado por endoscopía que se realizó previamente a algunos individuos de Africam Safari y que fueron reportados en su base de datos.

## Microsatélites

Se eligieron 2 pares de primers descritos para *Ara ararauna* por Caparroz et al. (2003). Los primers elegidos fueron el UnaCT21 F: CTTTCCCATACTTAGCCATA R: AGACATTTCAAGACCGTGCC así como el UnaCT43 F: TCATCCTATCACCAGAAGGG y R: CTTGAGGACAGTGCAGAGGG, los cuales fueron marcados con el colorante fluorescente HEX. Se realizaron PCRs para las muestras de ADN de individuos de *Ara militaris*; el proceso fue el siguiente:

Las amplificaciones de PCR se llevaron a cabo en reacciones de 25 µl conteniendo 2.5 µl, de Buffer PCR 10x, 2.5 µl de MgCl<sub>2</sub>, 1 µM de dNTPs, 5 µM de cada primer, 0.2 U de Taq Polimerasa y 2 µL de ADN de la extracción. Las amplificaciones fueron llevadas a cabo en un termociclador GENEAMP PCR SYSTEM 9700 en tres pasos: 1) desnaturalización a 95°C por 5 min.; 2) amplificación en 35 ciclos a 95°C durante 10 seg., a 50° por 10 seg., y 72°C por 10 seg; 3) una extensión final a 72° C por 7 min. Se realizaron varias pruebas para encontrar la mejor temperatura de alineamiento de los primers. La amplificación de los fragmentos de PCR fueron verificados por electroforesis en gel de agarosa al 1% durante 40 min. a 100V.

Posteriormente, los fragmentos se analizaron en un secuenciador ABI-PRISM 3100™. Para lo cual se tomó 1 µl de ADN amplificado por el PCR, se agregaron .5 µl de ROX 400™ y 8.5 µl de Formamida. Éstas muestras se desnaturalizaron y se analizaron en el secuenciador mediante el programa Genescan v3.7 (Applied Biosystems).

## Comprobación de las Paternidades Reportadas

Según la base de datos de Africam Safari, existen cuatro parejas de padres y tres madres sin pareja. Los otros individuos fueron reportados como hijos (ver Tabla 7). Sin embargo existen ocho familias debido a que una de ellas (la de color azul claro) no cuenta con sus padres, por lo que los individuos de esta familia no fueron tomados en cuenta para los análisis de paternidad.

Los análisis de paternidad se realizaron con el programa CERVUS, el cual asigna las paternidades de los individuos en diversas modalidades: puede asignar i) la pareja de padres, ii) la maternidad (con o sin padres conocidos) y iii) la paternidad (con o sin madres conocidas). Si a estas modalidades se le agregan los sexos de los individuos, el análisis adquiere mayor precisión, pues evita establecer parejas de padres del mismo sexo.

CERVUS asigna las relaciones de paternidad mediante dos formas: la exclusión y el uso de ecuaciones de máxima verosimilitud (Likelihood) desarrolladas por Marshall et al. (1998) y corregidas por Kalinowski et al. (2007).

El método de exclusión, está basado en la comparación de los genotipos de los hijos con los supuestos padres, y son excluidos como padres si un loci o más de un loci no coinciden, mientras que el método de máxima verosimilitud distingue estadísticamente candidatos a padres mediante el logaritmo natural de la proporción de la máxima verosimilitud (LOD score).

La máxima verosimilitud para un análisis de parentesco se basa en que los datos analizados corresponden a genotipos del hijo, del padre o madre conocido (si existen), y del padre o madre putativo. Para cada padre candidato existen dos hipótesis: i) que el candidato a progenitor es el verdadero progenitor y ii) que el candidato a progenitor no es el verdadero progenitor. La máxima verosimilitud para cada hipótesis de los genotipos observados, es calculada para obtener los genotipos observados bajo éstas hipótesis.

El LOD es la máxima verosimilitud o la probabilidad de que el candidato sea el verdadero padre, dividido entre la máxima verosimilitud o probabilidad de que el candidato no sea el verdadero padre. Un número LOD alto indica que el progenitor tiende más a ser el verdadero padre que no serlo. El programa CERVUS calcula los LOD para cada progenitor candidato tomando en cuenta los posibles errores de interpretación. El **LOD total** para cada candidato es calculado multiplicando los LOD de cada locus (Este paso asume que los loci son independientes). El **LOD score**, utilizado para este análisis, es el logaritmo natural (ln) del LOD total. Los valores obtenidos para cada uno de los candidatos a progenitores se comparan, y el que tenga el valor más alto de LOD es considerado como el padre más probable de la progenie. (Marshall 1998, Golubov y Ortega 2007, Kalinkowsky 2007). Para una mejor comprobación de las paternidades, se aprovecharon todos los análisis disponibles del programa como pruebas independientes, pues al asignar uno de los padres como conocido a alguna cría, la prueba adquiere mayor poder en la asignación del otro progenitor.

Para el análisis de los datos, se tomó en cuenta que al hacer una especie de “auditoría” a los criaderos para comprobar las paternidades, estos sitios deberán aportar información previa de las relaciones de parentesco de su población en cautiverio, pues para la interpretación de los resultados, se toman como base los resultados del análisis que incluye a las parejas ya establecidas como progenitoras, y las relaciones que estas parejas tuvieron con cada hijo putativo.

### **Asignación de la pareja de padres**

Para el análisis de la asignación de la pareja de padres, se utilizaron las familias que reportaban la presencia de ambos progenitores. Con esta información, se formaron tres grupos: 1) un grupo de padres 2) un grupo de madres y 3) un grupo de hijos. Los grupos se sometieron a análisis en el programa CERVUS, el cual realizó todas las combinaciones de padres posibles y asignó la pareja de progenitores más probable para cada cría. De los resultados del análisis, se eliminaron las combinaciones de padres que no correspondieron

con las parejas de padres reportadas, de modo que solo se interpretaron los resultados de las parejas de padres reportadas con cada uno de los hijos de las diferentes familias (Tabla 8).

Tabla 2. Representación gráfica del modo en que se realizó el análisis de asignación de la pareja de padres para los individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.

PROGENITORES (madre y padre)	HIJOS
25AZUM y 24AZUP	01AZUH, 05GRIH, 06NARH, 08GRIH,
23GRIM y 22GRIP	09NARH, 11NARH, 12NARH, 35GRIH,
16CIRM y 17CIRP	40AZUH, 45AZUH, 46GRIH, 47CIRH,
29NARM y 28NARP	32NARH, 44NARH, 54NARH, 59NARH,
	61NARH, 70GRIH, 74NARH, 76GRIH

### Análisis de paternidades con madres conocidas.

En este caso, se tomaron en cuenta nuevamente las familias que reportaban la presencia de padre y madre. Mediante este análisis se busca el padre más probable, para lo cual se asignaron a las crías las madres reportadas para cada uno de ellos por la base de Africam Safari, y se incluyeron en el análisis como “madres conocidas”; Esto permitió asignar por *default* los alelos de la madre reportada a la respectiva cría y aumentó la posibilidad de encontrar al verdadero padre (Tabla 9).

Tabla 3. Representación gráfica del análisis de paternidad con madres conocidas para los individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.

	Padres	Madre	Hijos
Familias		25AZUM	01AZUH 40AZUH 45AZUH
	24AZUP, 22GRIP, 17CIRP, 28NARP	23GRIM	05GRIH 08GRIH 35GRIH 46GRIH 70GRIH 76GRIH
		16CIRM	47CIRH
		29NARM	06NARH 09NARH 11NARH 12NARH 32NARH 44NARH 54NARH 59NARH 61NARH 74NARH

### Asignación de maternidades con padres conocidos

Se realizó un análisis similar al descrito anteriormente, solo que en este caso se colocó a los padres reportados en la base de Africam Safari como “conocidos” y se analizó cual es la madre más probable para cada individuo (Tabla 10).

Tabla 4. Representación gráfica del análisis de maternidad con padres conocidos para los individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.

	Madres	Padre	Hijos
Familias	25AZUM, 23GRIM, 16CIRM, 29NARM	24AZUP	01AZUH 40AZUH 45AZUH
		22GRIP	05GRIH 08GRIH 35GRIH 46GRIH 70GRIH 76GRIH
		17CIRP	47CIRH
		28NARP	06NARH 09NARH 11NARH 12NARH 32NARH 44NARH 54NARH 59NARH 61NARH 74NARH

### Asignación de madres para individuos con ausencia de padre.

De la misma forma se realizó un análisis para las familias que contaban sólo con la identidad de la madre en la base de datos de Africam Safari. En este caso, no se asignaron padres conocidos a los hijos, sólo se realizaron los análisis con todas las combinaciones madre-hijo (Tabla 11).

Tabla 5. Representación del análisis de asignación de madre con ausencia del padre para los individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari seleccionados para este estudio.

	Madres	Hijos
Familias		10AMAH 14AMAH
	67AMAM	49AMAH 50AMAH
	15ROSM	62AMAH 07ROSH
	18VERM	51ROSH 71ROSH 52VERH 53VERH 60VERH

### Relación de las crías

Para una mejor explicación de las relaciones de parentesco existentes entre los progenitores y los hijos, se realizó una prueba de parentesco (kinship) usando el programa Kingroup. Las matrices resultantes fueron graficadas en el programa SAHN de NTSYS para obtener dendogramas de similitud utilizando el algoritmo de ligamiento promedio UPGMA (Sneath y Sokal 1973). Esta prueba visualiza las relaciones de los individuos reportados como hijos mediante la similitud de los alelos en los loci, lo que permitió conocer la relación de parentesco entre los individuos reportados como hermanos.

## Resultados

### Sexado

La temperatura ideal de alineamiento de los primers de sexado fue de 52°C; Un ejemplo de los resultados del corrimiento de los geles de agarosa se muestra en la Figura 5. Los resultados muestran que el 45% (21) de los individuos pertenecen al sexo masculino, mientras que el 55% (26) pertenecen al sexo femenino (Tabla 12).

Se compararon los resultados con los individuos de Africam que fueron sexados previamente mediante laparoscopia, los cuales coincidieron en un 100% con los resultados obtenidos en este estudio. De los individuos que se desconocía el sexo, cinco pertenecen al sexo masculino y cinco al femenino (Tabla 12)

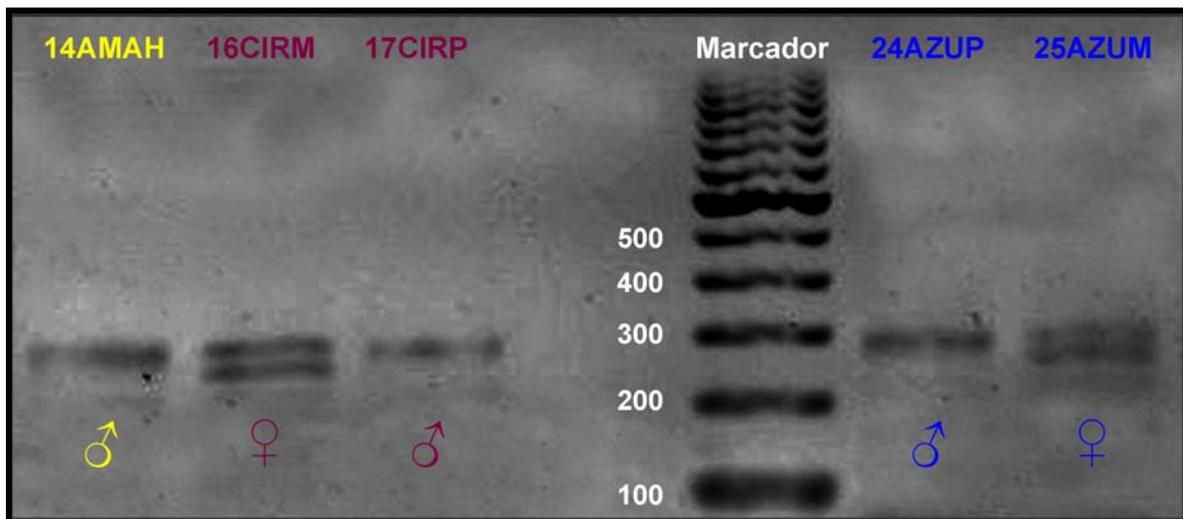


Figura 1. Ejemplo de la electroforesis efectuada para observar los resultados obtenidos del sexado de individuos de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari, mediante PCR con los primers 1237L y 1272H.

Tabla 1. Tabla comparativa de los sexos reportados para los ejemplares en cautiverio de *Ara imilitaris* provenientes de la UMA Africam Safari y los obtenidos en este estudio por medio de los primers 1237L y 1272H.

Individuo	Sexado Africam Safari	Sexado molecular
01AZUH	♀	♀
02AZCH	♂	♂
04AZCH	♂	♂
05GRIH	♂	♂
06NARH	♂	♂
07ROSH	♀	♀
08GRIH	♀	♀
09NARH	♀	♀
10AMAH	♂	♂
11NARH	♂	♂
12NARH	♀	♀
14AMAH	♂	♂
15ROSM	♀	♀
16CIRM	♀	♀
17CIRP	♂	♂
18VERM	♀	♀
22GRIP	♂	♂
23GRIM	♀	♀
24AZUP	♂	♂
25AZUM	♀	♀
28NARP	?	♂
29NARM	?	♀
32NARH	?	♂
35GRIH	?	♀

Individuo	Sexado Africam Safari	Sexado molecular
40AZUH	?	♀
44NARH	?	♀
45AZUH	♀	♀
46GRIH	?	♀
47CIRH	?	♂
49AMAH	?	♂
50AMAH	♀	♀
51ROSH	♂	♂
52VERH	♀	♀
53VERH	♂	♂
54NARH	♂	♂
59NARH	♂	♂
60VERH	♀	♀
61NARH	♂	♂
62AMAH	♀	♀
67AMAM	♀	♀
68AZCH	♀	♀
70GRIH	♀	♀
71ROSH	♀	♀
73AZCH	?	♂
74NARH	♂	♂
76GRIH	♀	♀
78AZCH	♀	♀

## Pruebas de Paternidad

### Análisis generales de los microsatélites para las pruebas de paternidad

Los microsatélites utilizados para este estudio, presentaron las mismas temperaturas de alineamiento que los descritos para la guacamaya azul dorado (*Ara ararauna*), especie para la que fueron caracterizados originalmente (Caparroz et al. 2003). En cambio, la heterocigicidad y el número de alelos encontrados fue considerablemente menor para *Ara militaris* (Tabla 13). Estos marcadores moleculares también fueron probados por el mismo autor para otras tres especies de psitácidos (*Amazona brasiliensis*, *Amazona amazonica* y *Anodorhynchus hyacinthinus*) de los cuales el UnaCT43 amplificó exitosamente para las tres y el UnaCT21 amplificó únicamente para *A. hyacinthinus* (Caparroz et al. 2003).

Tabla 2. Microsatélites utilizados para las pruebas de paternidad de los individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari.

Locus	T <sub>a</sub>	k	Rango de peso del producto (bp)	H <sub>o</sub>	H <sub>e</sub>	PIC	F(Null)
UnaCT21	50	4	237-254	0.638	0.525	0.5	-0.1187
UnaCT43	60	4	198-204	0.255	0.234	0.2	-0.0607

T<sub>a</sub>: temperatura de alineamiento, k: número de alelos, H<sub>o</sub>: heterocigicidad observada, H<sub>e</sub>: heterocigicidad esperada, PIC: Índice de contenido polimórfico, F(Null): alelos nulos.

### Asignación de la pareja de padres.

La Tabla 14 muestra los resultados del análisis de la asignación de la pareja de padres sin suponer relación alguna de los padres con los hijos.

Como en un principio se mencionó, para este análisis fueron descartados los resultados de otras combinaciones de padres que no fueran los reportados por Africam Safari (por ejemplo, se eliminaron las combinaciones del padre **28NARP** con la madre **25AZUM** o el padre **22GRIP** con la madre **16CIRM**). Asimismo, los resultados de los valores DELTA y los niveles de confianza no fueron tomados en cuenta debido a que estos valores están basados en los valores LOD más altos de todas las combinaciones de padres posible.

Para las relaciones del par de progenitores con los hijos (Trio LOD), se establecieron relaciones positivas de 11 individuos (**47CIRH**, **06NARH**, **09NARH**, **11NARH**, **12NARH**, **32NARH**, **44NARH**, **54NARH**, **59NARH**, **61NARH** y **74NARH**) con sus padres reportados por Africam Safari; éstos son los que tuvieron los valores LOD más altos en comparación con los resultados de LOD del resto de los padres potenciales con los que fueron comparados.

Tabla 3. Resultados de la prueba de asignación de la pareja de padres de los individuos de *Ara militaris*. En gris se resalta la relación de parentesco reportada por la UMA Africam Safari y en negritas, los resultados con valores más altos.

Hijo	Madre candidata	Par LOD	Padre candidato	Par LOD	Loci comparados en el trio	Loci que no concordaron	Trio LOD
01AZUH	25AZUM	-0.1003	24AZUP	<b>0.5797</b>	2	0	0.4785
	23GRIM	<b>0.5797</b>	22GRIP	-0.1003	2	0	0.4785
	16CIRM	<b>0.5797</b>	17CIRP	-0.0969	2	0	<b>0.4829</b>
	29NARM	-3.7450	28NARP	-0.0969	2	1	-4.0251
40AZUH	25AZUM	-0.1003	24AZUP	<b>0.5797</b>	2	0	0.4785
	23GRIM	<b>0.5797</b>	22GRIP	-0.1003	2	0	0.4785
	16CIRM	<b>0.5797</b>	17CIRP	-0.0969	2	0	<b>0.4829</b>
	29NARM	-3.7450	28NARP	-0.0969	2	1	-4.0251
45AZUH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	<b>0.2790</b>	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	<b>0.5533</b>	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>
05GRIH	25AZUM	-0.3975	24AZUP	-0.7769	2	1	-3.7221
	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	2	1	-3.7221
	16CIRM	-0.7769	17CIRP	<b>1.6979</b>	2	1	-1.5899
	29NARM	-0.1232	28NARP	-1.4376	2	1	-3.1841
08GRIH	25AZUM	-0.1003	24AZUP	<b>0.5797</b>	2	0	0.4785
	23GRIM	<b>0.5797</b>	22GRIP	-0.1003	2	0	0.4785
	16CIRM	<b>0.5797</b>	17CIRP	-0.0969	2	0	<b>0.4829</b>
	29NARM	-3.7450	28NARP	-0.0969	2	1	-4.0251
35GRIH	25AZUM	-0.3975	24AZUP	-0.7769	2	1	-3.7221
	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	2	1	-3.7221
	16CIRM	-0.7769	17CIRP	-1.4376	2	2	-7.6624
	29NARM	-0.1232	28NARP	<b>0.5483</b>	2	0	<b>1.6414</b>
46GRIH	25AZUM	-0.1003	24AZUP	<b>0.5797</b>	2	0	0.4785
	23GRIM	<b>0.5797</b>	22GRIP	-0.1003	2	0	0.4785
	16CIRM	<b>0.5797</b>	17CIRP	-0.0969	2	0	<b>0.4829</b>
	29NARM	-3.7450	28NARP	-0.0969	2	1	-4.0251
70GRIH	25AZUM	<b>0.2790</b>	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	<b>0.2790</b>	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	0.5533	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>
76GRIH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	0.2790	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	<b>0.5533</b>	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>
47CIRH	25AZUM	-0.1003	24AZUP	<b>0.5797</b>	2	0	0.4785
	23GRIM	<b>0.5797</b>	22GRIP	-0.1003	2	0	0.4785
	16CIRM	<b>0.5797</b>	17CIRP	-0.0969	2	0	<b>0.4829</b>
	29NARM	-3.7450	28NARP	-0.0969	2	1	-4.0251

Tabla 14. (continuación)

Hijo	Madre candidata	Par LOD	Padre candidato	Par LOD	Loci comparados en el trio	Loci que no concordaron	Trio LOD
06NARH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	<b>0.2790</b>	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	<b>0.5533</b>	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>
09NARH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	0.2790	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	<b>0.5533</b>	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>
11NARH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	<b>0.2790</b>	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	<b>0.5533</b>	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>
12NARH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	<b>0.2790</b>	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	<b>0.5533</b>	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>
32NARH	25AZUM	-0.3975	24AZUP	-0.7769	2	1	-3.7221
	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	2	1	-3.7221
	16CIRM	-0.7769	17CIRP	-1.4376	2	2	-7.6624
	29NARM	-0.1232	28NARP	<b>0.5483</b>	2	0	<b>1.6414</b>
44NARH	25AZUM	-0.3975	24AZUP	-0.7769	2	1	-3.7221
	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	2	1	-3.7221
	16CIRM	-0.7769	17CIRP	-1.4376	2	2	-7.6624
	29NARM	-0.1232	28NARP	<b>0.5483</b>	2	0	<b>1.6414</b>
54NARH	25AZUM	-0.3975	24AZUP	-0.7769	2	1	-3.7221
	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	2	1	-3.7221
	16CIRM	-0.7769	17CIRP	-1.4376	2	2	-7.6624
	29NARM	-0.1232	28NARP	<b>0.5483</b>	2	0	<b>1.6414</b>
59NARH	25AZUM	-0.3975	24AZUP	-0.7769	2	1	-3.7221
	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	2	1	-3.7221
	16CIRM	-0.7769	17CIRP	-1.4376	2	2	-7.6624
	29NARM	-0.1232	28NARP	<b>0.5483</b>	2	0	<b>1.6414</b>
61NARH	25AZUM	-0.3975	24AZUP	-0.7769	2	1	-3.7221
	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	2	1	-3.7221
	16CIRM	-0.7769	17CIRP	-1.4376	2	2	-7.6624
	29NARM	-0.1232	28NARP	<b>0.5483</b>	2	0	<b>1.6414</b>
74NARH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	2	0	0.4491
	23GRIM	-0.1003	22GRIP	<b>0.2790</b>	2	0	0.4491
	16CIRM	-0.1003	17CIRP	-0.7769	2	1	-4.0251
	29NARM	<b>0.5533</b>	28NARP	-0.7769	2	0	<b>0.4531</b>

Al observar el Par LOD de las madres (relación de las madres con los hijos), los individuos **06NARH, 09NARH, 11NARH, 12NARH** y **74NARH** mostraron relaciones más altas con las madres reportadas por Africam, sin embargo en el PAR LOD de los padres (relación de los padres con los hijos), reportan resultados negativos. Lo opuesto ocurrió con los individuos

**47CIRH, 32NARH, 44NARH, 54NARH, 59NARH y 61NARH** que tuvieron relaciones más altas con los padres reportados y no con las madres reportadas. Con estos resultados podemos confirmar que dichos individuos son crías de sus progenitores reportados, y que la relación de parentesco está asignada casi en su totalidad por los alelos que comparte con uno de los progenitores.

Existen otros individuos (**01AZUH, 40AZUH, 45AZUH, 08GRIH, 46GRIH, 70GRIH, y 76GRIH**) cuyos resultados en el Trio LOD fueron positivos con sus respectivos progenitores reportados por Africam Safari. No se puede descartar que exista un parentesco entre ellos, pero como tuvieron menor o igual valor de LOD que alguno(s) de los otros progenitores o parejas de progenitores con las que se compararon, tampoco se puede afirmar que sean los verdaderos progenitores. El resultado positivo del Trio LOD estas crías se explica en parte a que en algunos casos tuvieron las relaciones de parentesco mas altas en el Par LOD de los padres (**01AZUH, 40AZUH, 70GRIH y 76GRIH**) esto permite saber que al menos en estos, la mayor relación está dada por los padres reportados por Africam, siendo éstos los verdaderos padres.

Del resto de las relaciones analizadas, las combinaciones de progenitores que tuvieron resultados negativos con las crías, podrían descartarse como progenitores en cualquiera de los casos; sin embargo, para establecer de manera mas precisa las relaciones de parentesco, se realizaron las pruebas de asignación de padres con madres conocidas y asignación de madres con padres conocidos dado que los análisis de paternidad adquieren mayor poder cuando se conoce al menos la relación con alguno de los padres.

### **Paternidad con madres conocidas y maternidad con padres conocidos**

A continuación, se muestran los resultados del análisis de paternidad con madres conocidas (Tabla 15) y de maternidad con padres conocidos (Tabla 16) únicamente para las parejas de padres reportadas en la base de datos de Africam Safari. Los resultados completos del resto de las combinaciones en los análisis se muestran en los Anexos 3 y 4.

En ambos análisis, se consideró el resultado del par y trio Delta y sus respectivos niveles de confianza. Estos análisis nos permiten comprobar con una mayor claridad, las relaciones positivas de parentesco entre los hijos y sus respectivos progenitores reportados, así como para explicar cual de los progenitores es el que asigna la mayor cantidad de alelos hacia los hijos. Tanto en el par LOD como en el trio LOD, los individuos que mostraron los valores más altos, se ven reflejados en el nivel de confianza y en el Delta. Los niveles de confianza son del 80% cuando es +, menores al 80% cuando se muestra un - y un \_\_\_ (espacio en blanco) cuando no es posible asignar el parentesco debido a que los valores LOD son negativos o a que los progenitores (ya sea el par o el trío) analizados para una cierta cría presentan valores similares entre sí.

Tabla 4. Resultados de las pruebas de paternidad con madres conocidas para individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari.

Hijo	Madre conocida	Par LOD	Padre candidato	Par LOD	Par Delta	Nivel de confianza del par	Loci comparados en el trio	Loci que no concordaron	Trio LOD	Trio Delta	Nivel de confianza del trio
01AZUH	25AZUM	-0.1003	24AZUP	0.5797	0.5797	-	2	0	0.5789	0.5789	-
40AZUH	25AZUM	-0.1003	24AZUP	0.5797	0.5797	-	2	0	0.5789	0.5789	-
45AZUH	25AZUM	0.2790	24AZUP	-0.1003	0.0000		2	0	0.1701	0.0000	
05GRIH	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	0.0000		2	1	-2.9452	0.0000	
08GRIH	23GRIM	0.5797	22GRIP	-0.1003	0.0000		2	0	-0.1011	0.0000	
35GRIH	23GRIM	-0.7769	22GRIP	-0.3975	0.0000		2	1	-2.9452	0.0000	
46GRIH	23GRIM	0.5797	22GRIP	-0.1003	0.0000		2	0	-0.1011	0.0000	
70GRIH	23GRIM	-0.1003	22GRIP	0.2790	0.2790	-	2	0	0.5494	0.5494	-
76GRIH	23GRIM	-0.1003	22GRIP	0.2790	0.2790	-	2	0	0.5494	0.5494	-
47CIRH	16CIRM	0.5797	17CIRP	-0.0969	0.0000		2	0	-0.0968	0.0000	
06NARH	29NARM	0.5533	28NARP	-0.7769	0.0000		2	0	-0.1002	0.0000	
09NARH	29NARM	0.5533	28NARP	-0.7769	0.0000		2	0	-0.1002	0.0000	
11NARH	29NARM	0.5533	28NARP	-0.7769	0.0000		2	0	-0.1002	0.0000	
12NARH	29NARM	0.5533	28NARP	-0.7769	0.0000		2	0	-0.1002	0.0000	
32NARH	29NARM	-0.1232	28NARP	0.5483	0.5483	-	2	0	1.7646	1.7646	+
44NARH	29NARM	-0.1232	28NARP	0.5483	0.5483	-	2	0	1.7646	1.7646	+
54NARH	29NARM	-0.1232	28NARP	0.5483	0.5483	-	2	0	1.7646	1.7646	+
59NARH	29NARM	-0.1232	28NARP	0.5483	0.5483	-	2	0	1.7646	1.7646	+
61NARH	29NARM	-0.1232	28NARP	0.5483	0.5483	-	2	0	1.7646	1.7646	+
74NARH	29NARM	0.5533	28NARP	-0.7769	0.0000		2	0	-0.1002	0.0000	

Tabla 5. Resultado de las pruebas de maternidad con padres conocidos para individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari.

Hijo	Padre conocido	Par LOD	Madre candidata	Par LOD	Par Delta	Nivel de confianza del par	Loci comparados en el trio	Loci que no concordaron	Trio LOD	Trio Delta	Nivel de confianza del trio
01AZUH	24AZUP	0.5797	25AZUM	-0.1003	0.0000		2	0	-0.1011	0.0000	
40AZUH	24AZUP	0.5797	25AZUM	-0.1003	0.0000		2	0	-0.1011	0.0000	
45AZUH	24AZUP	-0.1003	25AZUM	0.2790	0.0000		2	0	0.5494	0.0000	
05GRIH	22GRIP	-0.3975	23GRIM	-0.7769	0.0000		2	1	-3.3245	0.0000	
08GRIH	22GRIP	-0.1003	23GRIM	0.5797	0.0000		2	0	0.5789	0.0000	
35GRIH	22GRIP	-0.3975	23GRIM	-0.7769	0.0000		2	1	-3.3245	0.0000	
46GRIH	22GRIP	-0.1003	23GRIM	0.5797	0.0000		2	0	0.5789	0.0000	
70GRIH	22GRIP	0.2790	23GRIM	-0.1003	0.0000		2	0	0.1701	0.0000	
76GRIH	22GRIP	0.2790	23GRIM	-0.1003	0.0000		2	0	0.1701	0.0000	
47CIRH	17CIRP	-0.0969	16CIRM	0.5797	0.0000		2	0	0.5797	0.0000	
06NARH	28NARP	-0.7769	29NARM	0.5533	0.2744	-	2	0	1.2300	0.6819	-
09NARH	28NARP	-0.7769	29NARM	0.5533	0.2744	-	2	0	1.2300	0.6819	-
11NARH	28NARP	-0.7769	29NARM	0.5533	0.2744	-	2	0	1.2300	0.6819	-
12NARH	28NARP	-0.7769	29NARM	0.5533	0.2744	-	2	0	1.2300	0.6819	-
32NARH	28NARP	0.5483	29NARM	-0.1232	0.0000		2	0	1.0931	0.6819	-
44NARH	28NARP	0.5483	29NARM	-0.1232	0.0000		2	0	1.0931	0.6819	-
54NARH	28NARP	0.5483	29NARM	-0.1232	0.0000		2	0	1.0931	0.6819	-
59NARH	28NARP	0.5483	29NARM	-0.1232	0.0000		2	0	1.0931	0.6819	-
61NARH	28NARP	0.5483	29NARM	-0.1232	0.0000		2	0	1.0931	0.6819	-
74NARH	28NARP	-0.7769	29NARM	0.5533	0.2744	-	2	0	1.2300	0.6819	-

A pesar de que los valores positivos y negativos de todas las combinaciones de progenitores con las crías en los Par LOD son similares en ambos análisis; los valores de confianza del trio LOD, el trio Delta y sus niveles de confianza en el par y el trío varían en los análisis debido a que uno de los progenitores es asignado como conocido.

De este modo, se puede observar en el caso del análisis de paternidad con madres conocidas, que 9 individuos (**01AZUH**, **40AZUH**, **70GRIH**, **76GRIH**, **32NARH**, **44NARH**, **54NARH**, **59NARH** y **61NARH**) corresponden a sus respectivos progenitores reportados por Africam Safari debido a que poseen los valores mas altos de par LOD, trio LOD y niveles de confianza para el trío en comparación con los otros supuestos progenitores analizados. En otras palabras, estos individuos son crías de los progenitores reportados por Africam y su parentesco está dado en mayor proporción por el padre.

En el caso de los resultados LOD que fueron positivos pero que no presentaron niveles de confianza ni valores Delta, no se puede asegurar la paternidad de los individuos con su progenie reportada, sin embargo existe la posibilidad, de que el parentesco con la pareja de padres sea positivo en el siguiente análisis.

Para el análisis de maternidad con padres conocidos, se observaron relaciones de parentesco de las 10 crías de la familia **NAR** con los individuos reportados como progenitores en la base de datos de Africam Safari por contener los valores significativos derivados de poseer números altos el trio LOD, aunque solo 5 de éstos individuos (**06NARH**, **09NARH**, **11NARH**, **12NARH** y **22NARH**) tuvieron valores significativos en el Par LOD en la relación de la madre con el hijo. Los individuos **25AZUH**, **08GRIH**, **45 GRIH**, Y **27CIRH** tuvieron valores Par LOD y Trio LOD positivos

### **Maternidad para los individuos que no poseen información de los padres.**

En la Tabla 17 se muestran los resultados del análisis de maternidad para los individuos que no contaban con información del padre.

Los resultados muestran que los individuos **14AMAH**, **50AMAH**, **07ROSH**, **51ROSH**, **71ROSH**, **52VERH** y **60VERH**, tienen una relación positiva en el Par LOD y en los niveles de confianza con sus respectivas madres reportadas en la base de datos de Africam Safari. Esto implica la confirmación de la maternidad de éstos individuos con sus respectivas madres. El resto de los individuos tuvo resultados negativos, por lo que podría descartarse una relación directa con la madre. Aunque la relación pudiera estar cercana con al padre, el hecho de contar con esa información, impide el establecimiento claro de sus relaciones.

Tabla 6. Resultados del el análisis de maternidad para los individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari, que no contaban con información del padre.

Hijo	Madre candidato	Loci comparados del par	Loci que no concordaron	Par LOD	Par Delta	Confianza del par
10AMAH	67AMAM	2	0	-1.17E-01	0.00E+00	
14AMAH	67AMAM	2	0	5.64E-01	5.64E-01	-
49AMAH	67AMAM	2	0	-1.17E-01	0.00E+00	
50AMAH	67AMAM	2	0	5.64E-01	5.64E-01	-
62AMAH	67AMAM	2	0	-1.17E-01	0.00E+00	
07ROSH	15ROSM	2	0	4.53E-01	4.53E-01	-
51ROSH	15ROSM	2	0	3.95E-01	3.95E-01	-
71ROSH	15ROSM	2	0	3.95E-01	3.95E-01	-
52VERH	18VERM	2	0	6.58E-01	6.58E-01	-
53VERH	18VERM	2	0	-1.17E-01	0.00E+00	
60VERH	18VERM	2	0	1.09E+00	1.09E+00	-

### Relación de las crías

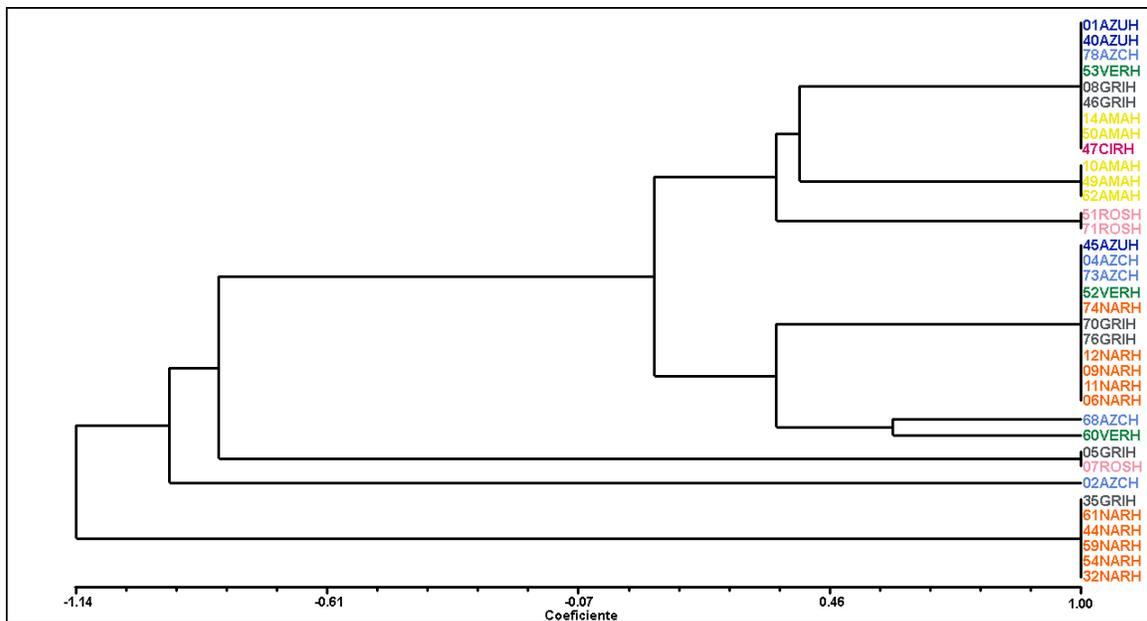


Figura 2. Dendrograma de similitud por medio de una prueba de parentesco (kinship) para los individuos de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari que fueron reportados como nacidos en cautiverio

Éstos resultados (Figura 6) nos muestran gráficamente los grupos de las familias donde se puede apreciar el porque algunos de los hermanos se relacionan mas con ciertos padres conforme el análisis anterior. Es así como se explica que los individuos hermanos que presentaron mayor relación con la madre (06NARH, 09NARH, 11NARH, 12NARH y 22NARH de la familia naranja, 14AMAH, 50AMAH, de la familia amarilla 07ROSH, 51ROSH y 71ROSH de la familia rosa y 52VERH y 60VERH de la familia verde) formen parte de un grupo distinto a los

que tuvieron relaciones positivas con el padre (01AZUH, 40AZUH, de la familia azul, 70GRIH, 76GRIH, de la familia gris, 32NARH, 44NARH, 54NARH, 59NARH y 61NARH de la familia naranja) y distinta a los supuestos hermanos que no fueron confirmados por el parentesco de los padres que formen parte de otros bloques por separado. También se muestran las relaciones entre los alelos de individuos de la población sin que esto represente un resultado de hermandad entre individuos de otras familias, pues en este estudio se ocuparon muy pocos loci para poder probar este supuesto.

En el caso de los individuos reportados como hermanos que no fueron incluidos en ningún análisis anterior por falta de información de los padres (familia azul claro), se muestra que los alelos entre dos hermanos reportados coinciden (04AZCH y 73AZCH), pero difieren de los otros dos supuestos hermanos (02AZCH y 78AZCH), los cuales también poseen alelos distintos entre ellos. El resultado de esta familia no puede descartar la relación de los otros dos supuestos hermanos, pues los padres podrían tener una combinación de alelos que pudiera establecer la relación de éstos con los padres.

## DISCUSIÓN

### **Sexado**

Las pruebas moleculares de sexado mediante el uso de los marcadores moleculares 1237L y 1272H mostraron ser tan efectivas como el sexado quirúrgico aplicado a los individuos de guacamaya verde de Africam Safari con anterioridad. Para ambos casos, existen ventajas y desventajas: el sexado molecular representa una técnica no invasiva que puede ser aplicada prácticamente desde el nacimiento, obteniendo una pequeña cantidad de sangre al eclosionar el pichón (Dutton y Tieber 2001), u obteniendo una pequeña muestra de sangre mediante una punción o con muestras de plumas en individuos de mayor edad, por lo que puede ser aplicada sin un riesgo mayor y utilizarse incluso, en individuos de poblaciones silvestres (Miyaki et al. 1998, Ciembor et al. 1999). Si bien la examinación laparoscópica, además de conocer el sexo permite examinar el estado de los órganos reproductores, es una prueba que sólo se puede aplicar a individuos adultos y exige someter a los individuos a un stress durante largos periodos de tiempo, además de los riesgos que implica una cirugía mayor, (Bush et al. 1978, Ciembor et al. 1999) por lo que esta técnica sólo debería ser empleada en algunos individuos que sean utilizados como pies de cría en cautiverio (Ciembor et al. 1999).

### **Asignaciones Finales de Parentesco**

Con los resultados obtenidos de los tres análisis, se logró comprobar o rechazar las relaciones de parentesco entre las familias reportadas por la base de datos de Africam Safari (Tabla 18 y Figura 7))

En el caso de las familias reportadas que contaban con ambos padres, se confirmó el parentesco de 14 individuos (70% de 20 individuos). De éstos, en el 36% (cinco individuos) de los casos la relación se explica por tener más relación con el padre, y el 64% (nueve individuos) por su relación con la madre.

El 20% (cuatro individuos) de los casos no se resolvieron completamente las paternidades (**45AZUH**, **08GRIH**, **46GRIH** y **47CIRH**) estas permanecen como “aceptables” pues mantienen una relación positiva, (aunque no con niveles de confianza) con alguno de sus progenitores, por lo que no se puede rechazar el parentesco en caso de aplicar la prueba a los criaderos. Estos resultados se podrían dar debido a la cercanía (a nivel de padres o primos) entre algunos de los progenitores reportados como pies de cría, por ello en el análisis, los valores del parentesco entre los supuestos padres y la supuesta cría resultan iguales o menores a otros progenitores en el momento de confirmar las paternidades.

Tabla 7. Confirmación del parentesco de las familias en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari, a partir de la combinación de los resultados obtenidos en los análisis anteriores.

Relación →		madre-hijo			padre-hijo			padre-madre-hijo					Confirmación de parentesco		
Análisis →		par de padres	maternidad con padre conocido		par de padres	paternidad con madre conocida		par de padres	maternidad con padre conocido	paternidad con madre conocida					
ID cría	ID madre	par LOD positivo	par LOD positivo	par Delta y nivel de confianza	ID padre	par LOD positivo	par LOD positivo	par Delta y nivel de confianza	trío LOD positivo	trío LOD positivo	trío Delta y nivel de confianza	trío LOD positivo		trío Delta y nivel de confianza	
01AZUH	25AZUM	NO	NO	NO	24AZUP	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, explicado en su totalidad por la relación con el padre	
40AZUH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, explicado en su totalidad por la relación con el padre	
45AZUH		SI	SI	NO		NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	probable relación con el par de padres, en especial con la madre, aunque no lo suficiente para tener un nivel de confianza
05GRIH	23GRIM	NO	NO	NO	22GRIP	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	negativa, no tuvo relación alguna con los progenitores	
08GRIH		SI	SI	NO		NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	probable relación con el par de padres, en especial con la madre, aunque no lo suficiente para tener un nivel de confianza
35GRIH		NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	negativa, no tuvo relación alguna con los progenitores
46GRIH		SI	SI	NO		NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	probable relación con el par de padres, en especial con la madre, aunque no lo suficiente para tener un nivel de confianza
70GRIH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, en especial con el padre
76GRIH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, en especial con el padre
47CIRH	16CIRM	SI	SI	NO	17CIRP	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	no es posible asegurar un parentesco, aunque tiene una relación cercana con con el par de padres, en especial con la madre	
06NARH	29NARM	SI	SI	SI	28NARP	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	positiva, relación de la cría con el par de padres, explicado en su totalidad por la relación con la madre	
09NARH		SI	SI	SI		NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	positiva, relación de la cría con el par de padres, explicado en su totalidad por la relación con la madre
11NARH		SI	SI	SI		NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	positiva, relación de la cría con el par de padres, explicado en su totalidad por la relación con la madre
12NARH		SI	SI	SI		NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	positiva, relación de la cría con el par de padres, explicado en su totalidad por la relación con la madre
32NARH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, especialmente con el padre
44NARH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, especialmente con el padre
54NARH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, especialmente con el padre
59NARH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, especialmente con el padre
61NARH		NO	NO	NO		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	positiva, relación de la cría con el par de padres, especialmente con el padre
74NARH		SI	SI	SI		NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO

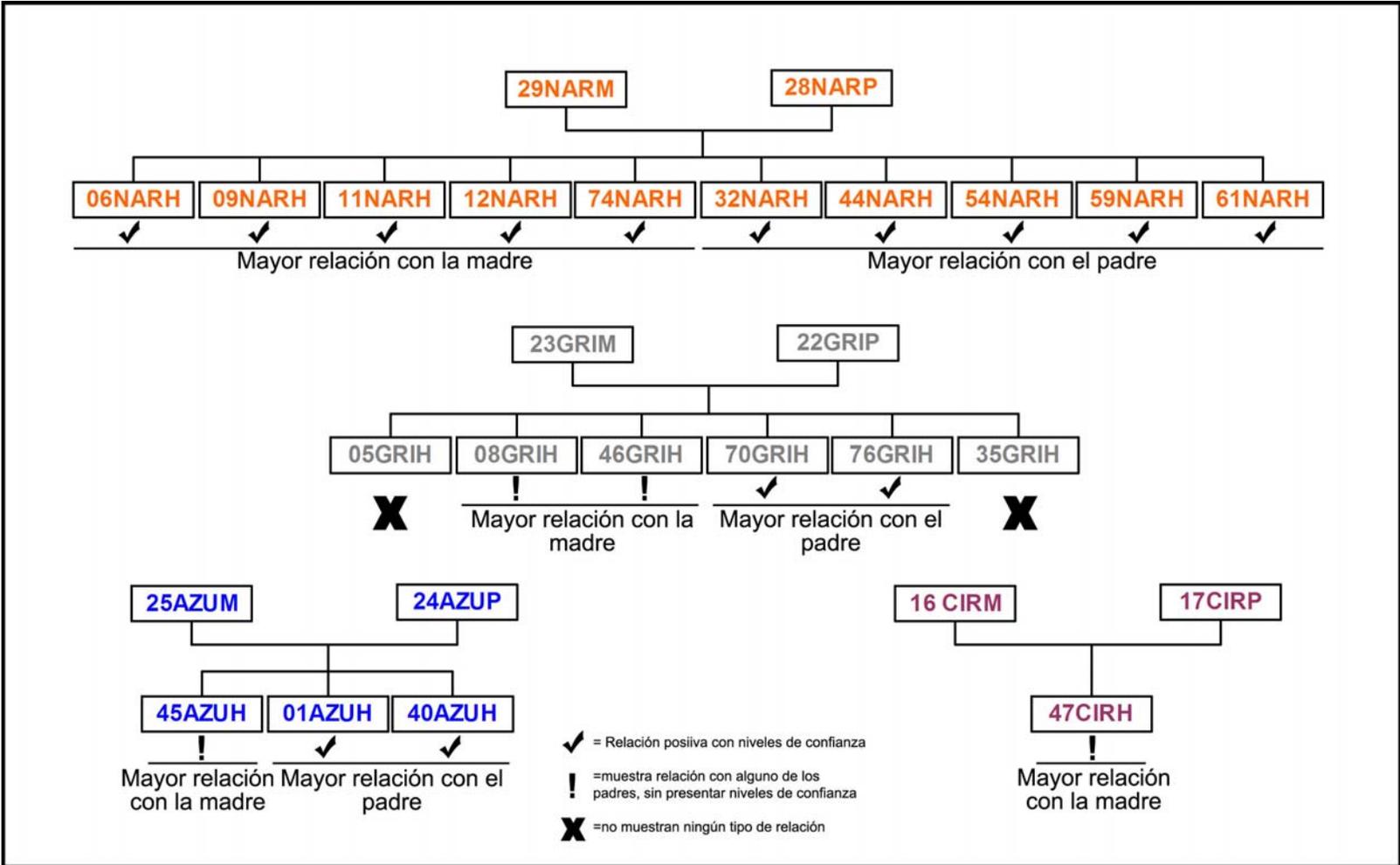


Figura 3. Vista simplificada de las relaciones de parentesco confirmadas o rechazadas de los individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari, según los resultados de este estudio.

Para los individuos que no cumplan con el parentesco positivo en la relación con la madre ni con el padre, resulta confiable y podrán descartarse inmediatamente como hijos del pie de cría, pues esto implica la falta de coincidencia de los loci entre la supuesta familia.

Para el caso de los individuos reportados como hijos que sólo contaban con información de la madre, cuando los hijos tuvieron en su mayoría alelos heredados de la madre, pudo establecerse un relación positiva, sin embargo es necesario contar con la información de ambos padres para poder aplicar el resto de las pruebas (par de padres y paternidad con madre conocida) y conocer con mayor exactitud sus relaciones.

En su aplicación como una auditoría a criaderos, las tres pruebas en conjunto resultan ser efectivas para comprobar paternidades cuando se tiene información previa acerca de las relaciones de parentesco entre los individuos de las poblaciones en cautiverio de los criaderos, con lo que cumple con el objetivo principal de su elaboración.

Por otro lado dichas pruebas no son efectivas cuando una población en cautiverio no cuenta con información previa de las relaciones entre los individuos y se busca asignar un padre o una madre a una supuesta cría de entre una gran cantidad de posibles progenitores (como es el caso de los análisis que se realizan en poblaciones silvestres, (Marshall et al. 1998). Aún contando con una gran cantidad de marcadores moleculares, se ha discutido la efectividad de las pruebas de paternidad mediante el análisis de máxima verosimilitud (Golubov y Ortega 2007)) debido a que en algunos casos, las asignaciones no son las adecuadas y puede ser que más de un probable progenitor tenga la misma posibilidad de ser el verdadero padre o incluso dejar fuera del análisis a un verdadero padre cuando se desconoce la identidad de al menos uno de los progenitores.

Una vez que se hiciera la auditoría y el parentesco ha sido comprobado o rechazado en los criaderos, los resultados pueden ser certificados y almacenados en una base de datos, disponible para las autoridades, con las cuales podrán realizar auditorías en tiendas de mascotas. Al tener sospecha, por ejemplo, de que varios individuos de *Ara militaris* son vendidos con el mismo permiso de CITES o con el mismo número de anillo, los loci caracterizados para el individuo original, se podrán comparar con los loci, de algún individuo sospechoso, lo que permitiría identificarlo si se trata del mismo individuo o es otro introducido sólo con la comparación de los alelos.

Los análisis efectuados, podrían ayudar a impedir la introducción de individuos de poblaciones naturales eficientemente con el uso de pocos marcadores moleculares, lo que representa un bajo costo de inversión por dicha prueba, importante para que esta pueda ser aplicada y no represente un aumento exorbitante en el precio de los individuos nacidos en cautiverio y se refleje en una baja en las ventas de éstos. No obstante, en un futuro, se podría incluir una

mayor cantidad de marcadores moleculares para que la prueba fuera mucho mas efectiva, pensando en que los avances tecnológicos para el desarrollo de marcadores moleculares, y su análisis, permitirán disminuir el costo de las pruebas, haciéndolo más practico, rápido, económico y eficiente para su uso.

Las poblaciones en cautiverio de *Ara militaris* representan una gran oportunidad para caracterizar marcadores moleculares que podrán usarse para realizar estudios genéticos a diferentes poblaciones silvestres de la especie y establecer relaciones genéticas entre estas. Los primers usados en este estudio, junto con otros marcadores en regiones mitocondriales empleados para establecer filogenias en las poblaciones, serán de gran utilidad para establecer dichas relaciones.

Una vez efectuada esta caracterización, será posible implementar auditorías a criaderos de manera mucho más eficiente, lo que permitirá establecer con precisión la procedencia de los individuos y detectar la presencia de individuos introducidos de manera ilegal, de esta forma se podrán tomar acciones eficientes para prevenir saqueos en la población de procedencia del individuo detectado.



## CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que los marcadores moleculares UnaCT43 y UnaCT21, en conjunto con las pruebas estadísticas realizadas, son efectivas para comprobar el parentesco de individuos de *Ara militaris*; sin embargo, es necesario contar información previa de la pareja de padres o supuestos padres de las crías, pues de los individuos que sólo tenían información de un progenitor, únicamente se pudo confirmar la relación en aquellas guacamayas que hayan heredado en mayor grado los alelos de éste y en menor grado los del padre desconocido.

Las pruebas realizadas pueden ser aprovechadas para que autoridades gubernamentales puedan regular la actividad de los sitios de crianza y venta de la especie; para ello, las autoridades deben contar con una base de datos con la información genética de los pies de cría de las UMAS utilizando los marcadores moleculares antes descritos con el fin de realizar auditorías para certificar tanto la producción de crías de estos sitios como a las tiendas de mascotas en donde se realiza la venta de estos individuos, con lo que se podría disminuir de manera significativa el lavado de especies, lo cual contribuirá a mejorar la situación de las poblaciones silvestres.



## LITERATURA CITADA

- Adcock, G. J., R. Heinsohn, D. Ebert, N. Amini y R. Peakall. 2005. Microsatellite loci for behavioural studies of Eclectus parrot (*Eclectus roratus*: Aves). *Molecular Ecology Notes* 5: 616-618.
- Almazán-Núñez, R. C. y O. Nova-Muñoz. 2006. La guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México. *Huitzil* 7(1): 20-22.
- Alvarez del Toro, M., 1952. New records of birds from Chiapas, Mexico. *Condor*. 54: 112-114.
- American Ornithologists' Union. 1983. Check list of North American Birds. 7th edition. American Ornithologists' Union. Washington, D. C. 829 p.
- Arizmendi, M. C. y L. Márquez-Valdelamar (Eds.). 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las aves de México. CIPAMEX-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México 440 p.
- Arizmendi, M. C., L. Márquez-Valdelamar y J. F. Ornelas, 2002. Avifauna de la región de Chamela, Jalisco. En: Noguera, F. A., J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada Avedaño (Eds.) *Historia Natural de Chamela*. Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Biología, México. 568 p.
- Arizmendi, M. C., y E. E. Iñigo-Elías. 2008. Conservación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, México: un estudio de abundancia y reproducción en la zona de la cañada. Reporte Final, Proyecto CONABIO DT006. 46 p.
- Baker, R. H. 1958. Nest of the Military Macaw in Durango. *Auk*. 75: 98.
- Beissinger, S. R. 2001. Trade in live birds: potentials, principles and practices of sustainable use. En: Reynolds, J. D., M. Mace, K. H. Redford y J. G. Robinson (Eds.). *Conservation of Exploited Species*. Cambridge University Press, Cambridge, U. K. Pp 182-202.
- BirdLife International 2004. *Ara militaris*. En: 2007 IUCN Red List of Threatened Species. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 01 December 2007.
- Brightsmith, D. J. 2005. Competition, predation and nest niche shifts among tropical cavity nesters: phylogenie and natural history evolution of parrots (Psittaciformes) and trogons (Trogoniformes). *Journal of Avian Biology* 36:64-73.
- Brito, R. 1999. Avifauna de la Reserva de la biosfera el Cielo, Tamaulipas, México. Informe final del Proyecto L022. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, México. 27 p.
- Brock, M. K. y B. N. White. 1992. Application of DNA fingerprinting to the recovery program of the endangered Puerto Rican Parrot. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of North America* 89: 11121-11125.
- Bush, M., D. E. Wildt, S. Kennedy y S. W. Seager. 1978. Laparoscopy in zoological medicine. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 173(9):1081-1087.
- Cantú-Guzmán, J. C., M. E. Sánchez-Saldaña, M. Grosselet y J. Silva-Gómez (2007). Tráfico ilegal de pericos en México: Una evaluación detallada. *Defenders of Wildlife*. Washington, D. C. 75 p.
- Caparroz, R., C. Y. Miyaki y J. Baker. 2003. Characterization of microsatellite loci in the Blue and Gold Macaw, *Ara ararauna* (Psittaciformes: Aves). *Molecular Ecology Notes* 3:441-443.
- Caparroz, R., C. Y. Miyaki, M. I. Bampi y A. Wajntal. 2001(b). Analysis of the genetic variability of the remaining group of Spix's Macaw (*Cyanopsitta spixii*, Psittaciformes: Aves) by DNA fingerprint. *Biological Conservation* 99(3):307-311.
- Caparroz, R., N. M. Robaldo G., C. A. Bianchi y A. Wajntal. 2001(a). Analysis of the genetic variability and breeding behavior of wild populations of two Macaw species (Psittaciformes, Aves) by DNA fingerprinting. *Ararajuba*, 9:43-49.
- Carreón, A. G. 1997. Estimación poblacional, biología reproductiva y ecología de la nidificación de la Guacamaya verde (*Ara militaris*) en una selva estacional del oeste del estado de

- Jalisco. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 67 p.
- Chan, C., K. N. Ballantyne, D. M. Lambert y G. K. Chambers. 2005. Characterization of variable microsatellite loci in Forbes parakeet (*Cyanoramphus forbesi*) and their use in other parrots. *Conservation Genetics* 6:651-654.
- Ciembor, P., M. J. Murray, C. R. Gregory, B. L. Speer, D. J. Harris, M. Taylor y B. W. Ritchie. 1999: Sex determination in Psittaciformes. *Proceedings of the 20th Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians*. Pp. 37-39.
- Collar, N. J. 1997. Family Psittacidae (Parrots). En: Del Hoyo, J., A. Elliott y Jordi Sargatal (Eds). *Handbook of the birds of the world*. Lynx Edicions. Barcelona. Pp 280-350.
- Contreras-González, A. M. 2007. Dieta y Disponibilidad de alimento de *Ara militaris* en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 63 p.
- Contreras-González, A. M., F. A. Rivera-Ortiz, C. Soberanes-González, A. Valiente-Banuet y M. C. Arizmendi. 2009. Feeding Ecology of Military Macaws (*Ara militaris*) in a semi-arid region of central Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology*. En prensa.
- Derrickson, S. R. y N. F. R. Snyder. 1992. Potentials and limits of captive breeding in parrot conservation. En: S. R. Beissinger y N. F. R. Snyder (Eds.). *New World Parrots in crisis: Solutions from conservation biology*. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. Pp 133-163.
- Di Giacomo, A. S (Ed.). 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las aves en Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. *Temas de Naturaleza y Conservación No.5. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata*. Buenos Aires, Argentina. 524 p.
- Dirección de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. 2001. Registro de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en los cañones del Río Sabino y Río Seco, Santa María Tecomavaca, Oaxaca, México. *Huitzil* 2:18-20.
- Dirección General de Vida Silvestre (en línea). 2008. Sistema de Unidades de Manejo. <<http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/vidasilvestre/Pages/sistemadeunidadesdemanejo.aspx>> 29 de Abril.
- Dodgson, J. B., H. H. Cheng y R. Okimoto. 1997. DNA Marker Technology: A Revolution in Animal Genetics. *Poultry Science*. 76:1108-1114.
- Dutton, C. J. y Tieber, A. 2001. A modified protocol for sex identification of in ovo avian embryos and its application as a management tool for endangered species conservation programs. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. Pp. 176-180.
- Eguiarte, L. E., V. Souza y C. Aguirre (Eds.). 2007. *Ecología Molecular*. SEMARNAT/ INE/ UNAM/ CONABIO. 592 p.
- Faria, P. J. y Miyaki, C. Y. 2006. Molecular markers for population genetic analyses in the family Psittacidae (Psittaciformes, Aves). *Genetics and Molecular Biology* 29(2):231-240.
- Forshaw, J. M. 1977. *Parrots of the world*. T. H. F. Publications Inc. NJ. 584 p.
- Forshaw, J. M. 2006. *Parrots of the world. An identification guide*. Princeton University Press. NJ. 182 p.
- Franco, A. M. y G. Bravo. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Colombia. En: BirdLife International y Conservation International. *Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife No. 14). Quito, Ecuador. Pp. 283-470.
- Franke, I. J., J. Mattos, L. Salinas, C. Mendoza y S. Zambrano. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Perú. En: BirdLife International y Conservation International. *Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife No. 14). Quito, Ecuador. Pp. 471-615.

- Freile, J. F. y T. Santander. (2005) Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Ecuador. En: BirdLife International y Conservation International. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife No. 14). Quito, Ecuador. Pp. 283-470.
- Gardner, A. L. 1972. The occurrence of *Streptoprocne zonaris albicincta* and *Ara militaris* in Chiapas, Mexico. *Condor* 74:480-481.
- Gaucín, N., E. Iñigo, J. Treviño, T. Zúñiga, H. Sifuentes, G. Carmona, y R. Sánchez. 1999. Biología de conservación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) en el Sótano del Barro, Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final Proyecto SNIB-CONABIO L204. México D. F. 36 p.
- Gaunt, A. S., L. W. Oring, K. P. Able, D. W. Anderson, L. F. Baptista, J. C. Barlow y J. C. Wingfield. 1999. Guía para la utilización de aves silvestres en investigación. 2da. edición. The Ornithological council, Washington, D. C., USA. 62 p.
- Gobierno Federal (en línea) 1998. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario oficial de la Federación, miércoles 28 de enero. <<http://www.semarnat.gob.mx/leyesyformas/Leyes%20del%20sector/LEY%20EQUILIBRIO%20ECOL%20C3%93GICO%20Y%20LA%20PROTECCI%20C3%93N%20AL%20AMBIENTE%20ACT%205%20JUL%202007.pdf>> (6 de agosto de 2008).
- Gobierno Federal (en línea). 2000. Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación, miércoles 3 de julio. <<http://www.semarnat.gob.mx/leyesyformas/Leyes%20del%20sector/vidasilvestre.pdf>> (6 de agosto del 2008).
- Golubov, J., y J. Ortega. 2007. Los análisis de paternidad. ¿Para que nos sirven?. En: Ecología Molecular. L. Eguiarte, V. Sousa y X. Aguirre (Eds.). Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM. México D. F. México. Pp. 175-193.
- Gómez G., J. O. 2004. Ecología reproductiva y abundancia relativa de la guacamaya verde en Jocotlán, Jalisco México. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 69 p.
- Hedrick, P. W. 1999. Perspective: Highly variable loci and their interpretation in evolution and conservation. *Evolution* 53:313-318.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. NY. 851 Pp.
- Hsu, Y.-C., S.-H. Li, Y.-S. Lin, M. T. Philippart y L. L. Severinghaus. 2006. High frequency of extra-pair copulation with low level of extra-pair fertilization in the Lanyu Scops-owl *Otus elegans botelensis*. *Journal of Avian Biology* 37: 36-40.
- Hughes, C. R., R. R. Melland, y S. R. Beissinger. 1998. Polymorphic trinucleotide microsatellite loci for a neotropical parrot, the green-rumped parrotlet, *Forpus passerinus*. *Molecular Ecology* 7:1247-1248.
- Iñigo-Elias, E. E. 2000. Guacamaya verde (*Ara militaris*). En: Las aves de México en peligro de extinción. Cevallos, G. y Márquez, V. L (Eds.). Fondo de Cultura Económica. Pp. 213-215
- Iñigo-Elias, E. E. y E. C. Enkerlin-Hoeflich. 2003. Amenazas, estrategias e instrumentos para la conservación de las aves. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (Eds). Conservación de Aves, Experiencias en México. Cipamex, National fish & Wildlife foundation y CONABIO. Pp. 86-132.
- Jensen, T., F. M. Pernasettiand y B. Durrant. 2003. Conditions for rapid sex determination in 47 avian species by PCR of genomic DNA from blood, shell-membrane blood vessels, and feathers. *Zoo Biology*. 22:561-571.
- Kahn, N.W., J.S. John y T.W. Quinn. 1998. Chromosome specific introne size differences in the avian CHDI gene provide a simple and efficient method for sex identification in birds. *Auk* 115:1074-1078.

- Kalinowski, S. T., M. L. Taper y T. C. Marshall. 2007. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. *Molecular Ecology* 16:1099-1106.
- Lamb, C. 1910. A glimpse of bird on the west coast of Mexico. *Condor* 12: 74-79.
- Lentino, M. y D. Escalans. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Venezuela. En: BirdLife International y Conservation International. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife No. 14). Quito, Ecuador. Pp. 621-730.
- Loza, S. C. A. 1997. Patrones de abundancia, uso de hábitat y alimentación de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en la Presa Cajón de Peña, Jalisco, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 64 p.
- Macías-Caballero, C., E. E. Iñigo-Elias y E. C. Enkerlin-Hoeflich (Eds.). 2000. Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Psitácidos en México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). México, 145 p.
- Manel, S., M. K. Schwartz, G. Luikart y P. Taberlet. 2003. Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology and Evolution*. 18:189-197.
- Marshall, T. C., J. Slate, L. E. B. Kruuk, y J. M. Pemberton. 1998. Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. *Molecular Ecology* 7:639-655.
- Miller, A. M. y R. Gingrich. 2000. Ejido Pino Gordo: Endangered Habitat and Biological Diversity of Southwestern Chihuahua, Mexico. Technical Report. Instituto Sierra Madre para la Tierra, Cultura y Naturaleza, México. 56 p.
- Miyaki, C. Y., R. Griffiths, K. Orr, L. A. Nahum, S. L. Pereira y A. Wajntal. 1998. Sex Identification of Parrots, Toucans and Curassows by PCR: Perspectives of Wild and Captive Population Studies. *Zoo Biology*: 17:415-423.
- Moritz, J. L., C. J. Patton, C. J. Schneider y T. B. Smith. 2000. Diversification of rainforest faunas: An integrated Molecular Approach. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 31:533-563.
- Peterson R. T. y E. L. Chalif. 1989. Aves de México, guía de campo. Editorial Diana, México. 473 p.
- Peterson, A. T., G. Escalona-Segura, K. Zyskowsky, D. A. Kluza y B. E. Hernández-Baños. 2003. Avifaunas of two dry forest sites in northern Oaxaca, México. *Huitzil* 4:3-9.
- Peterson, A. T., L. Canseco-Márquez, J. L. Contreras-Jiménez, G. Escalona-Segura, O. Flores-Villela, J. García-López, B. E. Hernández-Baños, C. A. Jiménez-Ruiz, L. León-Paniagua, S. Mendoza-Amaro, A. G. Navarro-Sigüenza, V. Sánchez-Cordero y D. E. Willard. 2004. A preliminary biological survey of Cerro Piedra Larga, Oaxaca, Mexico: Birds, mammals, reptiles and amphibians, and plants. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*. 75:439-466.
- Qiagen. 2007. Dneasy® Tissue Handbook. Qiagen Group, USA. 42 p.
- Ribas, C. C., R. Gaban-Lima, C. Y. Miyaki y J. Cracraft. 2005. Historical biogeography and diversification within the neotropical parrot genus *Pionopsitta* (Aves: Psittacidae). *Journal of Biogeography* 32:1409-1427.
- Rivera-Ortíz, F. 2007. Distribución y abundancia de *Ara militaris* en la Reserva de la Biosfera Tehucán-Cuicatlán. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rivera-Ortíz, F. A., A. M. Contreras-González, C. A. Soberanes-González, A. Valiente-Banuet y M. C. Arizmendi-Arriaga. 2008. Seasonal abundance and breeding chronology of the military macaw (*Ara militaris*) in a semi-arid region of central Mexico. *Ornitología Neotropical* 19(2):255-263.
- Robertson, B. C., E. O. Minot y D. M. Lambert. 2000. Microsatellite primers for the kakapo (*Strigops habroloptus*) and their utility in other parrots. *Conservation Genetics* 1:93-95
- Rowley, I. 1997. Family Cacatuidae (Cockatoos). En: Del Hoyo, J., A. Elliott y Jordi Sargatal (Eds.). *Handbook of the birds of the world*. Lynx Edicions. Barcelona. Pp 246-279.

- Rowley, J. S. 1984. Breeding records of land birds in Oaxaca. Mexico. Proc. West. Found. Vert. Zool. 2:73-224.
- Rubio, Y., A. Beltrán, F. Aviléz, B. Salomón y M. Ibarra. 2007. Conservación de la Guacamaya Verde (*Ara militaris*) y otros Psitácidos en una reserva ecológica universitaria, Cosalá, Sinaloa, México. Mesoamericana 11:62-69.
- Russello, M. A., y G. Amato. 2004. Ex situ population in the absence of pedigree information. Molecular Ecology 13:2829-2840.
- Sainsbury, J. P., E. S. Macavoy y G. K. Chambers. 2004. Characterization of microsatellite loci in the Kaka, *Nestor meridionalis*. Molecular Ecology Notes 4:623-625.
- Selkoe, K. A. y R. J. Toonen. 2006. Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. Ecology Letters 9:615-629.
- SEMARNAT (en línea). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT -2001, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Miércoles 6 de Marzo de 2002 (Segunda Sección). México, D. F. <<http://www.semarnat.gob.mx/LEYESYNORMAS/Pages/normasoficialesmexicanasvigentes.aspx>> (01 mayo 2008).
- SEMARNAT (en línea). 2005. Respuesta a solicitud de información a través del SISI (IFAI). 19 de Mayo de 2005. Número de Folio: 0001600172905. <http://www.sisi.gob.mx>
- SEMARNAT (en línea). 2006. Respuesta a solicitud de información a través del SISI (IFAI). 24 de agosto de 2006. Número de Folio: 0001600121306. <http://www.sisi.gob.mx>
- SEMARNAT (en línea). 2007. Respuesta a solicitud de información a través del SISI (IFAI). 3 de Octubre de 2007. Número de Folio: 0001600182407. <http://www.sisi.gob.mx>
- SEMARNAT (en línea). 2008a. Respuesta a solicitud de información a través del SISI (IFAI). 2 de marzo de 2008. Número de Folio: 1613100009608. <http://www.sisi.gob.mx>
- SEMARNAT (en línea). 2008b. Respuesta a solicitud de información a través del SISI (IFAI). 2 de marzo de 2008. Número de Folio: 0001600045108. <http://www.sisi.gob.mx>
- Seutin G, White B. N, Boag P. T. (1991). Preservation of avian blood and tissue samples for DNA analysis. Can J Zool. 69:82-90.
- Short, L. L., 1974. Nesting of southern Sonoran birds during the summer rainy season. Condor 76(1):21-32.
- Sibley, D. A. 2001. The Sibley Guide to birdlife & behaviour. Alfred A. Knopf Inc. NY. 608 p.
- Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and Company. San Francisco.
- Soria-Auza, R. W. y A. B. Hennesey. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Bolivia. En: BirdLife International y Conservation International. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife No. 14). Quito, Ecuador. Pp. 57-116.
- Stager, K. E., 1954. Birds of the Barranca del Cobre region of southwestern Chihuahua, Mexico. Condor 56: 21-32.
- Steadman, D. W., M. P. Tellkamp y T. A. Wake. 2003. Prehistoric exploitation of birds on the Pacific coast of Chiapas, Mexico. Condor 105:572-579.
- Sunnucks, P. 2000. Efficient genetic markers for population biology. Trend in Ecology & Evolution. 15:199-203.
- Sutton, G. M. y O. S. Pettingill, JR. 1942. Birds of the Gomez Farias region, southwestern Tamaulipas. Auk 59:1-34.
- Sutton, G. M., R. B. Lea y E. P. Edwards. 1950. Notes on the ranges and breeding habits of certain Mexican birds. Bird Banding 21: 45-59.
- Sutton, G. M., y T. D. Burleigh. 1940. Birds of Tamazunchale, San Luis Potosi. Wilson Bulletin 52:221-233.

- Tavares, E. S., C. Yamashita y C. Y. Miyaki. 2004. Phylogenetic relationships among some neotropical parrot genera (Psittacidae) based on mitochondrial sequences. *Auk* 121:230-242.
- Thomsen, J. B., y T. A. Mulliken. 1992. Trade in Neotropical Psittacines and Its Conservation Implications. En: Beissinger, S. R., y N. F. R. Snyder (Eds.). *New World Parrots in Crisis: Solutions from Conservation Biology*. Smithsonian Institution Press. Washington and London. Pp. 221-239.
- 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 A., X. Gálvez A., 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. Sosa-Asanza, F. Vilella, y J. W. Wiley. 2001. Nest poaching in neotropical parrots. *Conservation Biology* 15: 710–720.
- Zimmerman, D.A. y D. B. Harry. 1951. Summer birds of. Autlán, Jalisco. *Wilson Bulletin* 63: 302-3.

## ANEXOS

Anexo 1. UMAs Intensivas registradas en México para realizar aprovechamiento de *Ara militaris* (SEMARNAT 2007, SEMARNAT 2008b).

Nombre del criadero	Clave de registro	Ubicación UMA	Propósito
Centro de Educ. Amb. y Recr. Rodolfo Landeros	INE/CITES/DGVS-CR-IN-AV-0035-AGS./00	Aguascalientes, Ags.	Exhibición y reproducción
Cristina del Pilar Arellano Guzmán	DGVS-CR-IN-0966-AGS/07	Aguascalientes, Ags.	*
Dr. Julio César Pastrana Castro	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0048-CHIS./97	Villaflores, Chis.	Reproducción, investigación y aprov. comercial
Parque Serengethi	DGVS-CR-IN-0829-CHIH/04	Aldama, Chih.	Exhibición y aprov. comercial
Bioparque Central	SEMARNAT-UMA-IN-0066-CHIH/05	Ciudad Juárez, Chih.	Conservación y manejo
Granja Bonacera	SEMARNAT-UMA-IN-0072-CHIH/05	Carr. Delicias-Las Varas, Chih.	*
Canez, Loros y Más	DGVS-CR-IN-0855-COL/05	Colima, Col.	Reproducción y exhibición
El Palapo	SEMARNAT-UMA-IN-029-COL/2006	Coquimatlán, Col.	Investigación, conservación y exhibición
Jaco	SEMARNAT-UMA-IN-052-COL/2007	Manzanillo, Col.	Aprov. comercial y exhibición
La Casa de los Reptiles	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0641-D.F./00	México, D. F.	*
DEVAL Animal	DGVS-CR-IN-0957-D.F./07	México, D. F.	*
Vega del Llano 22	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0336-MEX./98	V. de Bravo, Méx.	*
Finca de Guadalupe	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0021-MEX./00	Tepetlixpa, Méx.	Conservación y manejo
Rancho los Prado	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0041-MEX./97	Naucalpan, Méx.	Reproducción, exhibición y aprov. comercial
Rancho el Batán, S. C.	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0047-MEX./99	Texcoco, Méx.	Reproducción y aprov. comercial
Papagallo	DGVS-CR-IN-0870-MEX/05	Cuatitlán Izcalli, Méx.	Ecoturismo y educación ambiental
Aviario Dilajesh	DGVS-CR-IN-0917-MEX/06	Tepletaoxtoc, Méx.	Conservación, investigación, ecoturismo y exhibición
Rancho El Potrillo	DGVS-CR-IN-0876-MEX/05	Carr. Sn Jose de Allende, Méx.	Conservación, manejo, exhibición y aprov. comercial
Pinal del Marquezado	DGVS-CR-IN-0931-MEX./07	Otzolapan, Méx.	Aprov. comercial y exhibición
Rancho Piedras Duras	DGVS-CR-IN-0926-MEX./07	V. de Bravo, Méx.	Aprov. comercial e investigación

Anexo 1. (continuación)

<b>Nombre del criadero</b>	<b>Clave de registro</b>	<b>Ubicación UMA</b>	<b>Propósito</b>
<b>Aviario CH-AVES</b>	INE/CITES/DGVS-CR-IN-AV-036-GTO/01	León, Gto.	Reproducción y aprov. comercial
<b>Granja Abasolo</b>	SEMARNAT-UMA-IN-0025-GTO	Abasolo, Gto.	Comercial
<b>REAVYFEEX</b>	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0025-GTO/02	Obrajuelos, Gto.	Aprov. comercial, conservación y manejo
<b>Granja El Cotero</b>	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0089-GTO.	Irapuato, Gto.	Reproducción, investigación y aprov. comercial
<b>NASSAR</b>	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0380-GTO/98	Irapuato, Gto.	*
<b>Los Manueles</b>	DGVS-CR-IN-0721-QRO/00	San J.de Iturbide, Gto.	*
<b>Aviario Ocote</b>	DGVS-CR-IN-0813-GTO/04	Apaseo el Grande, Gto.	Conservación, manejo y aprov. comercial
<b>Quinta Las Palmas</b>	SEMARNAT-UMA-IN-0034-GTO.	Celaya, Gto.	Aprov. comercial
<b>Aviario Piscis</b>	DGVS-CR-IN-0906-GTO/06	Silao, Gto.	Conservación, manejo y aprov. comercial
<b>Fundación AFP</b>	DGVS-CR-IN-0878-GTO/06	El Grande, Gto.	Conservación, Investgación y Ecoturismo
<b>FAUNAMEX</b>	DGVS-CR-IN-0874-GRO/05	Acapulco, Gro.	Exhibición
<b>El Grillo</b>	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0030-HGO/97	Epazoyucan, Hgo.	Reproducción y aprov. comercial
<b>Criadero Cinegético "Ex Hacienda San Juan Casacolaco</b>	DGVS-CR-IN-0824-HGO/04	Epazoyucan, Hgo.	Investigación, educación ambiental y aprov. cinegético
<b>Ara Primate &amp; Parrot Park</b>	DGVS-CR-IN-0794-JAL/03	Zapopan, Jal.	Conservación y manejo
<b>Refugio de Fauna Silvestra Safari Tamarindo</b>	DFYFS-CR-IN-0017-JAL.	Zihuatlán, Jal.	*
<b>Aviario Txori</b>	SEMARNAT-UMA-IN-0021-JAL	Zapopan, Jal.	Aprov. comercial, ornato
<b>Aviario de Fauna Nacional Alondra</b>	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0687-JAL/05	Zapopan, Jal.	*

Anexo 1. (continuación)

<b>Nombre del criadero</b>	<b>Clave de registro</b>	<b>Ubicación UMA</b>	<b>Propósito</b>
<b>Quinta Santa Amalia</b>	DGVS-CR-IN-0879-JAL/06	<b>Membrillos, Jal.</b>	<b>Conservación, manejo y aprov. comercial</b>
<b>Aviario Granja El Gallo</b>	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-AV-0025-MICH./98	<b>Zahuayo, Mich.</b>	<b>Conservación y manejo</b>
<b>Villareal Fomento Ecológico</b>	DGVS-CR-IN-0803-MICH./03	<b>Cárdenas, Mich.</b>	<b>Conservación, manejo, exhibición y aprov. comercial</b>
<b>Paraíso</b>	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0525-MOR/05	<b>Cuernavaca, Mor.</b>	<b>Conservación, manejo y aprov. comercial</b>
<b>El Paraíso de las Aves</b>	SEMARNAT-UMA-INT-008-MOR	<b>Cuernavaca, Mor.</b>	<b>Conservación, manejo y aprov. comercial</b>
<b>Promotora ZOOFARI, S.A. de C.V.</b>	INE/CITES/DGCERN-CR-IN-0006-MOR./97	<b>Teacalco, Mor.</b>	<b>Reproducción, aprov. comercial y exhibición</b>
<b>El Edén</b>	DFYFS-CR-IN-0112-MOR/05	<b>Cuernavaca, Mor.</b>	<b>Conservación, manejo y aprov. comercial</b>
<b>Criaderos Watanabe</b>	DGVS-CR-IN-0777-MOR/05	<b>Cuernavaca, Mor.</b>	<b>Investigación, pie de cría e intercambio</b>
<b>Can Costa</b>	DGVS-CR-IN-911-MOR/06	<b>Jiutepec, Mor.</b>	<b>Conservación, manejo y aprov. comercial</b>
<b>Criadero Tzoztli</b>	DGVS-CR-IN-0944-MOR/07	<b>Ahuatepec, Mor.</b>	<b>Conservación, manejo, investigación, exhibición, ecoturismo y aprov. comercial</b>
<b>The Parrots House and Frienda</b>	SEMARNAT-UMA-IN-050-NAY	<b>Banderas, Nay.</b>	<b>*</b>
<b>Palladium Vallarta Resort &amp; SPA</b>	SEMARNAT-UMA-IN-0005-NAY	<b>Banderas, Nay.</b>	<b>*</b>
<b>Rancho la Ilusión</b>	SEMARNAT-UMA-IN-0003-NAY	<b>Tepic, Nay.</b>	<b>*</b>
<b>Promotora de Alimentos y Diversiones Mi Ranchito, S.A. de C.V.</b>	SEMARNAT-UMA-IN-0007-N.L.	<b>Santiago, NL.</b>	<b>*</b>

Anexo 1. (continuación)

<b>Nombre del criadero</b>	<b>Clave de registro</b>	<b>Ubicación UMA</b>	<b>Propósito</b>
XEN-PAL	DGVS-CR-IN-0820-N.L./04	Villa García, NL.	Exhibición y aprov. comercial
La Casa de los Loros	APMARN-UMA-IN-0070-NL	Monterrey, NL.	Exhibición, aprov. comercial y colección
Aviario del Centro Cultural ALFA	INE/CITES-DGCERN-CR-IN-AV-0001-N.L./97	Garza García, NL.	Reproducción y comercial
Criadero Intensivo Lorenia	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0581-PUE/99	Atlixco, Pue.	✳
Parque Loro Puebla	INE/CITES/DGVS-CR-IN-AV-0040-PUE./97	Cholula, Pue.	Reproducción y aprov. comercial
El Club de los Animalitos	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0556-PUE./99	Tehuacán, Pue.	Manejo y reproducción
VACUB-CAQUIX	SEMARNAT-UMA-IN-0009-PUE	Atlixco, Pue.	Conservación, manejo y aprov. comercial
Centro de Reproducción Intensiva El Ángel	DGVS-CR-IN-0859-PUE/05	Atlixco, Pue.	Conservación, manejo, aprov. comercial y colección
KUXTAL	SEMARNAT-UMA-IN-0016-PUE	Puebla, Pue.	✳
Centro de Educación Intensiva, A.P.G.	DGVS-CR-IN-0969-PUE/08	Puebla, Pue.	✳
Villa del Lago	SEMARNAP-UMA-IN-00003-QRO	Huimilpan, Qro.	✳
San Eleuterio	SEMARNAP-UMA-IN-00004-QRO	El Marquez, Qro.	Conservación y manejo
Aviario XAMAN-HA	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0017-Q.ROO./00	Solidaridad, QRoo.	Manejo y reproducción
Lucamayaz	SEMARNAT/CITES/UMA-IN-0007-03/Q.ROO	Solidaridad, QRoo.	Conservación, exhibición, comercial y educ. ambiental
Criadero de Aves Exóticas de Cancún	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-AV-0020-Q.ROO./98	Cancún, QRoo.	Comercial, reproducción, investigación, conservación y educ. ambiental
Rancho San Salvador	DGVS-CR-IN-0960-Q.ROO/07	Othón P. Blanco, QRoo.	✳
El Mesón	SEMARNAP-UMA-IN-00001-QRO	El Marquez, Qro.	Conservación y manejo

Anexo 1. (continuación)

Nombre del criadero	Clave de registro	Ubicación UMA	Propósito
Promotora de Vida Silvestre de México	DFYFS-CR-IN-0001-SLP.	Soledad G. Sánchez, SLP.	✿
El Guajolote	INE/CITES/DGAERN-CR-IN-0030-S.L.P./97	San Nicolás T., SLP.	Aprov. comercial
El Refugio	DGVS-CR-IN-887-SIN./06	Culiacán, Sin.	Aprov. comercial
El Paraíso	SEMARNAT-UMA-IN-0048-SIN	Mazatlán, Sin.	Aprov. comercial, investigación y conservación
Guillermo Prieto	DGVS-CR-IN-0904-SIN/06	San Ignacio, Sin.	Conservación, manejo, exhibición y aprov. comercial
Nuestra Señora	DGVS-CR-IN-0945-SIN/07	Cosalá, Sin.	Conservación, investigación y aprov.
CONREHABIT, A.C.	DGVS-CR-IN-0943-SIN/07	Mazatlán, Sin.	Conservación, manejo, rehabilitación, ecoturismo y educ. ambiental
Rancho Alexis	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0144-TAMPS./96	Villa Aldama, Tamps.	✿
Cooperativa de Mujeres Campesinas La Fe	INE/CITES-DGVS-CR-IN-0305-TAMPS./98	Gómaz Farías, Tamps.	✿
Rnacho los Leones	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0396-TAMPS/98	Victoria, Tamps.	✿
El Nogales	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0470-TAMPS/99	Camargo, Tamps.	✿
Rancho San Juan Bautista Mier	SEMARNAT-UMA-IN-0022-TLAX	Trinidad S. S., Tlax.	Comercial y exhibición
Fany	SEMARNAT-UMA-IN-0027-TLAX	Ocotlán, Tlax.	Comercial y exhibición
Aves Exóticas del Río Pixquiac	DGVS-CR-IN-0776-VER/02	Jalapa, Ver.	Conservación y manejo
Acuario de Veracruz	INE/CITES/DGVS/CR-IN-0360-VER/98	Playón de Hornos, Ver	Conservación y manejo
Aviario BAL´CHE	SEMARNAT-UMA-IN-0038-YUC-02	Mérida, Yuc.	Manejo, conservación y aprov.
YUUM BA´ALCHE´IL	DGVS-CR-IN-0788-YUC/03	Timucuy, Yuc.	Conservación y manejo
Aviario KAMBUL	INE/CITE/DGVS-CR-IN-AV-039-YUC./00	Mérida, Yuc.	Repoblación, reproducción y aprov. comercial
Hacienda KANCABCHEN	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-027-YUC/97	Mérida, Yuc.	Reproducción, repoblación, turismo y comercial

Anexo 1. (continuación)

Nombre del criadero	Clave de registro	Ubicación UMA	Propósito
K'AMBUL	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0655-YUC./00	Mérida, Yuc.	Manejo y reproducción
Rancho CACALCHEN	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0654-YUC./00	Maxcanú, Yuc.	
GONDWANA	DGVS-CR-IN-0518-YUC./99	Mérida, Yuc.	Manejo y reproducción
Granja PIU	SEMARNAT-UMA-IN-111-YUC-07	Ixil, Yuc.	Conservación y aprov.
Parque Ecológico de la Flora y la Fauna Tropical	SEMARNAT-CITES-UMA-IN-0025-TAB/06	Tenosique, Tab.	Conservación, manejo, exhibición y ecoturismo
Nombre del espectáculo ambulante	Clave de registro	Ubicación UMA	Propósito
El Maravilloso Mundo de las Aves	INE/CITES/DGVS-EA-P-0018-AGS./04	Aguascalientes, Ags.	*
Wild Cabo	DGVS-EA-P-0070-B.C.S./06	Los Cabos, BCS.	*
Aves Entrenadas I	INE/CITES/DFYFS-EA-P-0007-D.F./03	México, D. F.	*
Larry Casanova	INE/CITES/DGVS-EA-0020-D.F./98	México, D. F.	*
Aves Entrenadas II	INE/CITES/DFYFS-EA-P-0008-D.F./03	México, D. F.	*
Espectáculo de Isabel Hernández	INE/CITES/DGVS-EA-P-0029-D.F./99	México, D. F.	*
Aves Entrenadas III	INE/CITES/DGVS-EA-P-0014-D.F./03	México, D. F.	*
Centro Internacional de Mamíferos Marinos SA de CV.	INE/CITES/DFYFS-EA-P-0010-JAL./06	Guadalajara, Jal.	*
Espectáculo de Aves	INE/CITES/DGVS-EA-P-0017-JAL./98	Puerto Vallarta, Jal.	*
Espectáculo del Mago Berny	INE/CITES/DGVS-EA-P-0015-MEX./97	Cuautitlán, Méx..	*
Aviario Dilajesh, SC.	DGVS-EA-P-0072-MEX./06	México, D. F.	*
Puerta Maya	DGVS-EA-P-0060-Q.ROO/06	Cozumel, QRoo.	*
Nombre del espectáculo fijo	Clave de registro	Ubicación UMA	Propósito
Teatro Papagayo	INE/CITES/DFYFS-EF-P-0006-D.F./03	México, D. F.	*
Mundo Animal	SEMARNAT-UMA-EF-044-JAL	Guadalajara, Jal.	*

Anexo 2. Autorizaciones a UMAs, para aprovechamiento de crías de *Ara militaris* nacidas en cautiverio, de 2002 a 2006.  
Fuente: SEMARNAT (2005, 2006).

	Clave de registro UMA	Estado	Fecha de Autorización	Ejemplares autorizados
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0663-TAMPS/00	Tamaulipas	23-Ene	3
	INE/CITES/DGVS-ZOO-E-0038-99-NL	Nuevo León	09-May	4
2	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0409-MOR/98	Morelos	16-May	2
0	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0025-GTO/02	Guanajuato	19-Ago	2
0	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0578-MEX/99	Estado de México	20-Sep	2
2	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0025-GTO/02	Guanajuato	16-Oct	5
	INE/CITES/DGVS-ZOO-E-0038-99-NL	Nuevo León	23-Oct	4
	INE/CITES/DGCERN-CR-IN-0039-MEX/00	Estado de México	13-Nov	12
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0226-MOR/97	Morelos	19-Feb	11
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0409-MOR/98	Morelos	24-Abr	2
2	INE/CITES/DGVS-ZOO-E-0037-00-SIN	Sinaloa	25-Abr	1
0	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0409-MOR/98	Morelos	28-May	1
0	DGVS-CR-IN-0776-VER/02	Veracruz	04-Jun	2
3	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0421-MEX/99	Estado de México	18-Jun	2
	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0025-GTO/02	Guanajuato	11-Sep	5
	INE/CITES/DGVS-ZOO-E-0037-00-SIN	Sinaloa	23-Sep	3
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0578-MEX/99	Estado de México	12-Ene	2
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0226-MOR/97	Morelos	12-Ene	4
	INE/CITES/DFYFS/CR-IN-0025-GTO/02	Guanajuato	26-Ene	1
	INE/CITES/DGVS-ZOO-P-0050-98-OAX	Oaxaca	27-Feb	1
2	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0025-GTO/02	Guanajuato	21-Abr	1
0	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0409-MOR/98	Morelos	19-Jul	2
0	INE/CITES/DGVS-ZOO-E-0037-00-SIN.	Sinaloa	10-Ago	6
4	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0421-MEX/99	Estado de México	11-Ago	3
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0578-MEX/99	Estado de México	11-Ago	6
	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-AV-0020-Q.ROO/98	Quintana Roo	13-Ago	3
	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0047-MEX/99	Estado de México	22-Oct	1
	DFYFS-CR-IN-0089-GTO/01	Guanajuato	09-Feb	2
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0525-MOR/05	Morelos	24-Feb	2
	*	Baja California	*	67
	*	Morelos	*	2
2	*	Oaxaca	*	1
0	*	Puebla	*	59
0	*	Puebla	*	10
5	*	Puebla	*	10
	*	Veracruz	*	4
	*	Estado de México	*	4
	*	Quintana Roo	*	2
	*	Puebla	*	6

Anexo 2. (continuación)

	Clave de registro UMA	Estado	Fecha de Autorización	Ejemplares autorizados
2 0 0 6	DFYFS-ZOO-P-0005-98-BC	Baja California	*	59
	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0089-GTO	Guanajuato	*	1
	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0025-GTO/02	Guanajuato	*	8
	INE/CITES/DFYFS-CR-IN-0024-JAL./98	Jalisco	*	6
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0578-MEX./99	Estado de México	*	6
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0525-MOR/05	Morelos	*	3
	INE/CITES/DGCERN-CR-IN-0006-MOR./97	Morelos	*	2
	INE/CITES/DGVS-CR-IN-0635-PUE./00	Puebla	*	6
	DGVS-ZOO-P-0072-02-PUE/97	Puebla	*	2

Anexo 3. Resultados completos de las pruebas de paternidad con madres conocidas para individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari.

Hijo	Padre conocido	Par LOD Padre	Madre candidata	Par LOD	Par Delta	C	Lc	Ln	Trio LOD	Trio Delta	C
01AZUH	24AZUP	0.5800	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.1010	0.0000	
		0.5800	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.9300	0.0000	
40AZUH	24AZUP	0.5800	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.1010	0.0000	
		0.5800	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.9300	0.0000	
45AZUH	24AZUP	0.1000	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.5490	0.0000	
		-0.1000	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.1000	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.1000	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>1.2300</b>	0.6820	-
05GRIH	22GRIP	-0.3980	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	29NARM	-0.1230	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
08GRIH	22GRIP	-0.1000	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.0991	0.0000	
		-0.1000	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.6000	0.0000	
35GRIH	22GRIP	-0.3980	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	29NARM	-0.1230	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
46GRIH	22GRIP	-0.1000	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.0991	0.0000	
		-0.1000	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.6000	0.0000	
70GRIH	22GRIP	0.2790	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.1730	0.0000	
		0.2790	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>0.1760</b>	0.0032	-
76GRIH	22GRIP	0.2790	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.1730	0.0000	
		0.2790	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>0.1760</b>	0.0032	-
47CIRH	17CIRP	-0.0969	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.1020	0.0000	
		-0.0969	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5800</b>	0.0000	
		-0.0969	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5800</b>	0.0000	
		-0.0969	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.9300	0.0000	
06NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.5480	0.0000	
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.7770	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>1.2300</b>	0.6820	

Anexo 3. (continuación)

Hijo	Padre conocido	Par LOD Padre	Madre candidata	Par LOD	Par Delta	C	Lc	Ln	Trio LOD	Trio Delta	C
09NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		
11NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		
12NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		
32NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
44NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
54NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
59NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
61NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
74NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		

C: Niveles de confianza; Lc: Loci comparados; Ln: Loci que no coincidieron.

Anexo 4. Resultados completos de las pruebas de maternidad con padres conocidas para individuos en cautiverio de *Ara militaris* provenientes de la UMA Africam Safari.

Hijo	Padre conocido	Par LOD Padre	Madre candidata	Par LOD	Par Delta	C	Lc	Ln	Trio LOD	Trio Delta	C
01AZUH	24AZUP	0.5800	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.1010	0.0000	
		0.5800	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.9300	0.0000	
40AZUH	24AZUP	0.5800	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.1010	0.0000	
		0.5800	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5810</b>	0.0000	
		0.5800	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.9300	0.0000	
45AZUH	24AZUP	-0.1000	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.5490	0.0000	
		-0.1000	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.1000	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.1000	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>1.2300</b>	0.6820	-
05GRIH	22GRIP	-0.3980	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	29NARM	-0.1230	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
08GRIH	22GRIP	-0.1000	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.0991	0.0000	
		-0.1000	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.6000	0.0000	
35GRIH	22GRIP	-0.3980	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
		-0.3980	29NARM	-0.1230	0.0000	2	1	1	-3.3200	0.0000	
46GRIH	22GRIP	-0.1000	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.0991	0.0000	
		-0.1000	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5790</b>	0.0000	
		-0.1000	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.6000	0.0000	
70GRIH	22GRIP	0.2790	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.1730	0.0000	
		0.2790	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>0.1760</b>	0.0032	-
76GRIH	22GRIP	0.2790	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.1730	0.0000	
		0.2790	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	0	0	0.1700	0.0000	
		0.2790	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>0.1760</b>	0.0032	-
47CIRH	17CIRP	-0.0969	25AZUM	-0.1000	0.0000	2	0	0	-0.1020	0.0000	
		-0.0969	23GRIM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5800</b>	0.0000	
		-0.0969	16CIRM	<b>0.5800</b>	0.0000	2	0	0	<b>0.5800</b>	0.0000	
		-0.0969	29NARM	-3.7500	0.0000	2	1	1	-3.9300	0.0000	
06NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0	0.5480	0.0000	
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	1	-3.2500	0.0000	
		-0.7770	29NARM	<b>0.5530</b>	0.2740	-	2	0	<b>1.2300</b>	0.6820	-

Anexo 4. (continuación)

Hijo	Padre conocido	Par LOD Padre	Madre candidata	Par LOD	Par Delta	C	Lc	Ln	Trio LOD	Trio Delta	C
09NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		
11NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		
12NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		
32NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
44NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
54NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
59NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
61NARH	28NARP	0.5480	25AZUM	-0.3980	0.0000	2	0	0.4110	0.0000		
		0.5480	23GRIM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	16CIRM	-0.7770	0.0000	2	1	-3.3900	0.0000		
		0.5480	29NARM	-0.1230	0.0000	2	0	1.0900	0.6820		
74NARH	28NARP	-0.7770	25AZUM	0.2790	0.0000	2	0	0.5480	0.0000		
		-0.7770	23GRIM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	16CIRM	-0.1000	0.0000	2	1	-3.2500	0.0000		
		-0.7770	29NARM	0.5530	0.2740	2	0	1.2300	0.6820		

C: Niveles de confianza; Lc: Loci comparados; Ln: Loci que no coincidieron.