

A photograph of a green parrot with a blue patch around its eye, perched on a wooden post next to a tree trunk. The background is a blurred green forest.

Capítulo 6.

Poblaciones *ex situ*: herramientas claves para la conservación

Introducción

El desconocimiento en cuanto a la diversidad de especies en Colombia sigue siendo amplio. A pesar de ello, el país ha sido catalogado como el segundo país más diverso del planeta después de Brasil (Rangel, 1995; Rangel, 2005; Tobasura, 2006; Fondo Mundial para la Naturaleza [WWF], 2018) y como el primer país con mayor biodiversidad por kilómetro cuadrado del planeta (Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia [SiB Colombia], 2016), posición que se ha disputado con Costa Rica (Acuña, 2003). De 58.312 especies registradas (SiB, 2019), 1.302 se encuentran en algún grado de amenaza, de las cuales 380 corresponden a vertebrados (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MinAmbiente], 2017), razón por la cual, instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas realizan esfuerzos continuamente tanto para conocer como para conservar la biodiversidad. Estrategias como la conservación *in situ*, *ex situ*, educación ambiental, ampliación de áreas protegidas entre otras, han sido puestas en marcha (MinAmbiente, 2002; MinAmbiente, 2004; Herrón, 2004; Caicedo-Herrera *et al.*, 2004; Corporación Autónoma Regional de La Guajira [Corpoguajira], 2005; Trujillo *et al.*, 2008; Trujillo *et al.*, 2010; Quiñones *et al.*, 2012; Superina *et al.*, 2014; Payán *et al.*, 2015; Cortés-Ladino,

¹ Docente investigadora de la Pontificia Universidad Javeriana. Correo:pinedom@javeriana.edu.co

2016; Corporaciones Autónomas Regionales [CAR], 2017; Corpoguajira, 2017; Gómez *et al.*, 2019; CAR, 2019; Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área Especial La Macarena [Cormacarena], 2019). Sin embargo, no han sido suficientes para mitigar la pérdida de biodiversidad. Por tal razón, es relevante darles continuidad a estas estrategias, fortalecer otras y desarrollarlas en otras especies para lograr la supervivencia en equilibrio con el entorno local y global, propósitos que se plasman en los objetivos y metas del Convenio sobre Diversidad Biológica (ONU, 1992) del cual el país es parte. En dicho convenio, el objetivo estratégico, numeral c, propone: “Mejorar la situación de la diversidad biológica salvaguardando los ecosistemas, las especies y la diversidad genética”, este objetivo incluye tres metas: cobertura global de áreas protegidas, conservación de especies y conservación de la diversidad genética de las plantas cultivadas, con los animales criados y domesticados, y con los parientes silvestres de estos dos grupos.

Los programas de cría en cautiverio, una modalidad de la conservación *ex situ*, son herramientas esenciales para la conservación, siempre y cuando cuenten con la información biológica necesaria para el mantenimiento de las poblaciones de las especies en cautiverio. Solo de esta manera contribuirán en el futuro con programas de reforzamiento y reintroducción de individuos o grupos en las poblaciones naturales de las mismas especies. Para ese propósito, es necesario apoyarse con resultados de investigaciones científicas de fauna local, trabajar en conjunto con los grupos de investigación y aplicar estos conocimientos en pro de la conservación.

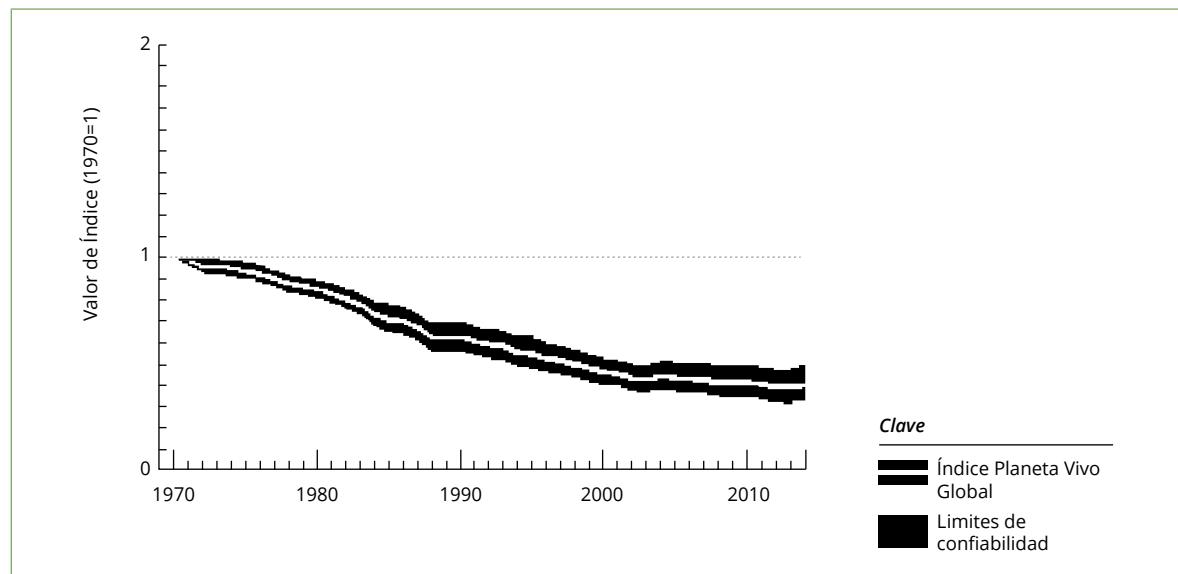
Biodiversidad en Colombia

Consciente de la brecha en el conocimiento de la biodiversidad del país, consecuencia principalmente del difícil acceso a zonas catalogadas “rojas” por la presencia de grupos armados ilegales, y gracias al acuerdo de paz firmado entre el Gobierno colombiano y la guerrilla de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (Farc) en 2016 (Castrillón y Cadavid, 2018), el Departamento Administrativo

de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), hoy Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), planteó el proyecto Colombia BIO, dentro del cual, las Expediciones BIO buscan junto con instituciones nacionales y departamentales, realizar veinte cruzadas investigativas en diversos puntos de la geografía nacional durante los años 2016 a 2018 con el fin de escudriñar la biodiversidad que hasta entonces era inaccesible. Hasta el último reporte en 2017 (Barriga *et al.*, 2017), de once expediciones se ha logrado identificar aproximadamente 93 posibles nuevas especies, las cuales serán categorizadas en cuanto al estado de conservación se refiere.

El número de especies de Colombia que han sido categorizadas en algún grado de amenaza son 1.302, las cuales, desglosadas por grupos taxonómicos, nos ofrecen las siguientes cifras: los animales cuentan con 18.968 especies registradas, de las cuales se estima que 408 están amenazadas, en plantas, de 30.033 especies registradas, se estima que 814 están amenazadas, las 80 especies restantes corresponden a las algas, líquenes y hongos (SIB Colombia, 2019). Es importante tener en cuenta que en las categorías de amenaza: vulnerable (VU), en peligro (EN) y en peligro crítico (CR) se evalúan cinco criterios: rápida reducción del tamaño poblacional, área de distribución pequeña, fragmentada, en disminución o fluctuante, población pequeña y en disminución, población o distribución muy pequeña y en riesgo, y análisis de viabilidad poblacional. Cada uno de los criterios tiene una serie de subcriterios (Renjifo *et al.*, 2014), todos, criterios y subcriterios desarrollan varios análisis del tamaño poblacional, de manera que las especies categorizadas en alguno de los tres grados de amenaza coinciden en una característica en común: presentar tamaños poblacionales pequeños. Esta característica, independientemente de sus causas hace a las poblaciones débiles frente a los procesos de extinción (Primack, 2001). Los más recientes valores del Índice Planeta Vivo (IPV) analizados desde 1970 hasta 2014 en poblaciones pertenecientes a los reinos biogeográficos (Paleártico, Indo-Pacífico, África tropical, Neártico y Neotropical) ponen de manifiesto el descenso significativo (60 %) de los tamaños poblacionales de vertebrados terrestres (WWF, 2018) (figura 6.1).

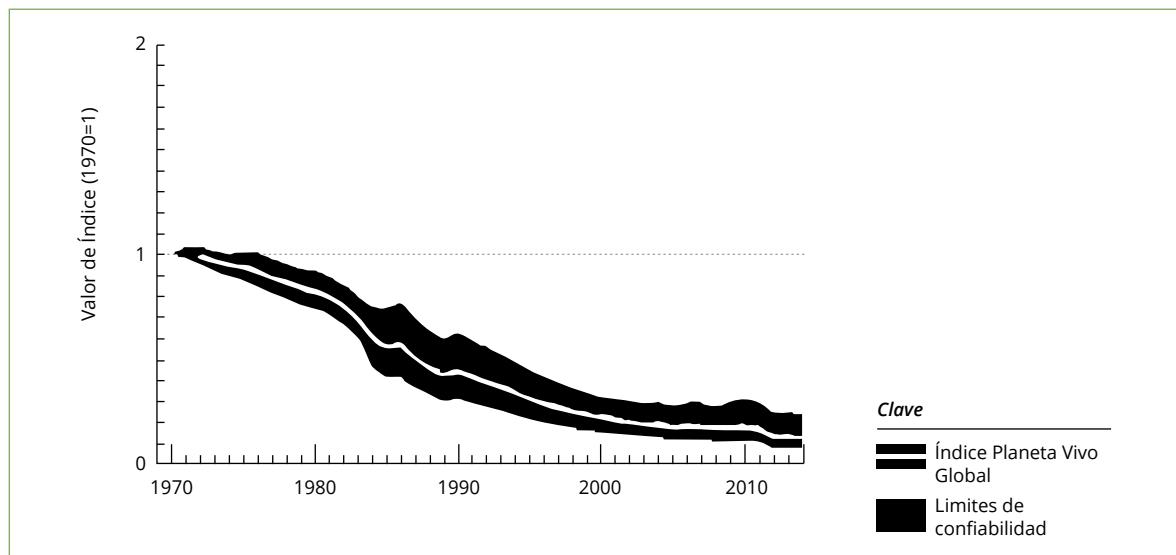
Figura 6-1. Índice Planeta Vivo 1970 a 2014. Disminuyó en un 60% la abundancia promedio de 16.704 poblaciones de 4.005 especies a las que se les hace seguimiento en todo el mundo. La línea blanca indica los valores del índice y las áreas sombreadas representan la certeza estadística de la tendencia



Fuente: tomado de WWF, 2018.

Este mismo índice obtenido para el reino biogeográfico neotropical con 1.040 poblaciones de 689 especies de vertebrados revelaron una disminución del 89% entre 1970 y 2014 (WWF, 2018). Este porcentaje representa el cambio más drástico de todas las regiones o reinos biogeográficos (figura 6.2). Son varios los factores que causan la reducción de los tamaños poblacionales, entre ellos la degradación y pérdida del hábitat, la sobreexplotación, las especies invasoras y enfermedades, la contaminación, el cambio climático (Salafsky *et al.*, 2008) y el tráfico ilegal.

Figura 6-2. Índice Planeta Vivo neotropical. Abundancia promedio de 1.040 poblaciones (que representan 689 especies) en el reino biogeográfico neotropical. Las poblaciones de vertebrados disminuyeron en promedio 4,8 % por año entre 1970 y 2014, representando una disminución total del 89 %



Fuente: tomado de WWF, 2018.

Tráfico ilegal

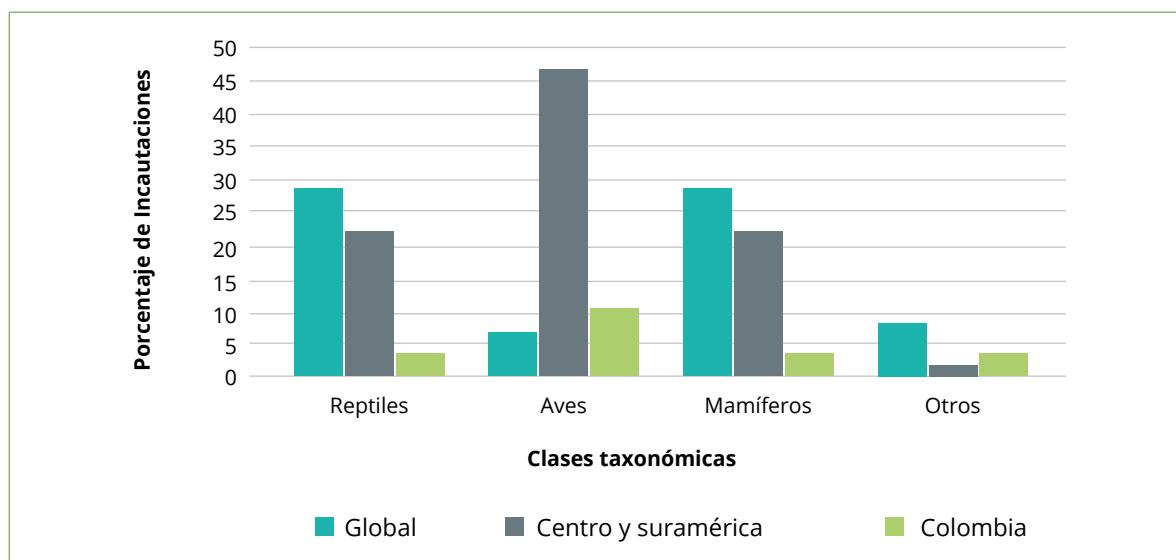
El tráfico ilegal se ha calificado como la tercera empresa criminal más lucrativa en el planeta, después del tráfico de narcóticos y armas (Wyler y Sheikh, 2008; Rosen y Smith, 2010; Laufner, 2010). Adicionalmente, ha sido reconocido como un área especializada del crimen organizado, con una amenaza significativa para muchas especies de plantas y animales (Hernández y Linares, 2005; Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito [UNODC], 2016).

Los datos obtenidos de las incautaciones globales realizadas por las partes (120 países) de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) desde 1999 a 2015, registrados en la base de datos World WISE, muestran que los mamíferos son los más traficados (30 %), seguidos por los reptiles (28 %), los corales (17 %), las aves (9 %) y otros organismos (10 %). Particularmente, para Centro y Suramérica, los reptiles representan el 27 % del total de incautaciones en el mismo periodo de tiempo, seguido por los mamíferos con el 24 %, las aves el 48 % y el 1 % restante para otros organismos (UNODC, 2016). La exportación de especies silvestres es una respuesta a la demanda internacional (Estados Unidos, Europa, China, Japón, Tailandia, entre otros) de organismos para ser utilizados como mascotas, como símbolos de un alto nivel económico, para pruebas de productos cosméticos y farmacéuticos, para la medicina tradicional, para gastronomía y para revenderlos (Laufner, 2010; Nijman, 2010).

En Colombia, el comportamiento de las cifras correspondientes a las incautaciones por grupo taxonómico difiere de las globales y de Centro y Suramérica. Los reptiles son los más incautados (80 %), el segundo lugar lo ocupan las aves (14 %), seguidas por los mamíferos (4 %) y otros organismos (2 %) (MinAmbiente 2012) (figura 6.3). Son bastantes, pero no suficientes, los esfuerzos que las autoridades de policía y ambientales realizan para controlar y evitar el tráfico ilegal de especies silvestres independientemente de su categorización en los libros rojos y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Incautaciones en terminales de transporte terrestre y aéreo, campañas educativas individuales y masivas en medios de comunicación, jornadas de entregas voluntarias de fauna silvestre son algunos ejemplos de dichos esfuerzos.

Los individuos incautados por las autoridades ambientales y de policía deben pasar por hogares de paso o centros de rehabilitación en donde además de ser identificados taxonómicamente, son valorados para decidir tres destinos posibles: liberación al medio natural, cautiverio (zoológicos y bioparques) y como último recurso, ser considerados para la eutanasia (MinAmbiente, 2010).

Figura 6-3. Porcentajes de incautaciones por clase taxonómica: reptiles, aves, mamíferos y otros a nivel global (120 países), Centro y Suramérica (regional) y Colombia (local). Los datos para el nivel global y regional corresponden a las incautaciones registradas entre 1999 a 2015. Los datos para el nivel local corresponden a las incautaciones registradas entre 2004 a 2009



Fuente: elaboración propia.

Liberaciones y conservación *ex situ*

En el caso de las liberaciones, realizadas por las autoridades ambientales, organizaciones no gubernamentales e instituciones de educación superior se hace necesario, entre otros aspectos biológicos, tener certeza de su clasificación taxonómica y conocer la procedencia u origen geográfico de los individuos con el fin de que ante una posible liberación se realice en el sitio en el que fueron

extraídos (Cheyne, 2006). Para esos dos propósitos se recurre a bibliografía especializada en las que las descripciones taxonómicas y el uso de claves permiten la identificación hasta especie, y en algunos casos, por debajo de este nivel (subespecie, población, etc.), sin embargo, en algunos se generan ciertas dudas debido en parte, a los amplios rangos de las características morfológicas (color, longitudes, etc.).

En cuanto a la procedencia del individuo, una vez se identifique la especie a la que pertenece, se consulta su rango de distribución en el país, no obstante, ante la imposibilidad de conocer su sitio preciso de origen, es decir, el sitio del cual se extrajo, (ya que el tenedor a quien se le incautó el individuo no brinda la información o es de poca confiabilidad) se puede recurrir a una alternativa veraz: el análisis de asignación poblacional (Ruiz-García, 2018). Este análisis se basa en estudios genéticos (con marcadores moleculares) de estructura poblacional de especies, en los que además de confirmar que un individuo pertenece a una especie en particular, se detectan acervos genéticos o agrupaciones (intraespecíficas) de individuos que, aunque pertenecen a la misma especie, comparten combinaciones genéticas que los hace diferentes de otras agrupaciones de la misma. Estas agrupaciones pueden corresponder a subespecies, a unidades de manejo (MUs), o a unidades evolutivas significativas (ESUs) las cuales también se deben conservar (Moritz, 1994).

Basarse en la distribución geográfica de las especies es un buen recurso, pero se está desconociendo el potencial evolutivo de la especie representado en su estructura poblacional, es decir, en sus subespecies o acervos genéticos. En consecuencia, liberar individuos en áreas donde habita un acervo genético en particular que es diferente, traerá como consecuencia cierta mezcla que inicialmente provocará la pérdida de la identidad genética de dicho acervo y más adelante en su descendencia, provocando una disminución de su adaptabilidad que traerá consecuencias a la especie.

Infortunadamente, la utilidad de las herramientas genéticas es desconocida por parte de los entes encargados de las liberaciones o consideran muy costoso el acceder a ellas. Otro caso, es la escasa información sobre las especies como para asignar geográficamente a los individuos. Es importante conocer los recursos que se encuentran disponibles para hacer de las liberaciones un proceso

eficiente en la conservación de las especies, y en el caso de no contar con ellos, aunar esfuerzos para conseguirlos. Realizar estudios de estructura poblacional de las especies amenazadas debe ser un objetivo prioritario.

Otro de los destinos de los organismos incautados son los zoológicos o bioparques. Inicialmente, estos recintos cumplían un papel educativo en cuanto a facilitar la apreciación de los individuos de diferentes especies tanto silvestres como exóticas, su función era básicamente recreativa y educativa (Pérez-Padilla *et al.*, 2012). Sin embargo, desde la década de los 60, estas instituciones aportan a la conservación, actuando como centros de conservación de especies amenazadas (Leizagoyen, 2005). En la actualidad, constituyen herramientas esenciales para revertir la pérdida de biodiversidad. Cada grupo de individuos de cada especie, que es protegida en los zoológicos se asimila a una población y este conjunto a una población total lo bastante grande y diversa como para ser fuente de individuos para futuros reforzamientos o reintroducciones (Moreno, 2010). Los zoológicos y bioparques desarrollan en conjunto los llamados programas de cría en cautiverio.

El listado de las poblaciones que, en la actualidad, está bajo el cuidado de zoológicos y bioparques, corresponde a especies exóticas y silvestres, sin embargo, no necesariamente pertenecen a las categorizadas en algún grado de amenaza (VU, EN y CR), debido a que se conservan desde que la institución tenía otra misión (educación y recreación) o a intereses locales, como, por ejemplo, que la población se vea amenazada regionalmente (tabla 6.1). Lo que es de resaltar es que el buen manejo de dichas poblaciones permitirá que en el futuro se constituyan como reservorios de diversidad para programas de reintroducción y reforzamiento de las poblaciones naturales. Cualquiera que sea el caso, es preponderante que las instituciones que hacen parte de los programas de cría conozcan, genéticamente hablando, los individuos que protegen para establecer parejas fundadoras cuyas familias retengan valores altos de diversidad genética, evitando los cruzamientos consanguíneos. Aunque la consanguinidad, se puede evitar llevando los registros en las genealogías, se debe tener en cuenta que los individuos de la descendencia en el futuro constituirán otros grupos familiares no solo en el mismo zoológico o población sino en otras en los que requerirán individuos con particularidades a nivel genético que las enriquezcan o funden otras, siempre con el mismo objetivo: obtener y mantener valores altos de diversidad genética.

Tabla 6-1. Programas de cría en cautiverio realizados por bioparques y zoológicos del país. (VU) vulnerable, (NT) casi amenazado, (LC) preocupación menor, (CR) peligro crítico, (EN) en peligro

Bioparque o zoológico	Programa de conservación *	Nombre científico	Estado de conservación
Fundación Bioparque La Reserva	Coatí de montaña	<i>Nasuella olivacea</i>	NT
	Águila harpía	<i>Harpia harpyja</i>	NT
	Cotorra aliamarilla	<i>Phyrura calliptera</i>	VU
Parque Jaime Duque	Tingua moteada	<i>Gallinula melanops bogotensis</i>	LC
	Cóndor de los andes	<i>Vultur gryphus</i>	CR
	Paujil pico azul	<i>Crax alberti</i>	CR
	Tití gris	<i>Saguinus leucopus</i>	VU
Port Oasis Ecopark	Flamenco rosado	<i>Phoenicopterus ruber</i>	EN
Piscilago	Paujil pico azul	<i>Crax alberti</i>	CR
	Caimán llanero	<i>Crocodylus intermedius</i>	CR
Parque Zoológico Guatika	Paujil pico azul	<i>Crax alberti</i>	CR
	Cóndor de los andes	<i>Vultur gryphus</i>	CR
Aviario Nacional	Cóndor de los andes	<i>Vultur gryphus</i>	CR
	Paujil pico azul	<i>Crax alberti</i>	CR
	Águila harpía	<i>Harpia harpyja</i>	NT
Parque Zoológico Santa Fe	Guacamaya verde limón	<i>Ara ambigua</i>	EN
	Mono aullador rojo	<i>Alouatta seniculus</i>	LC
Zoológico de Santa Cruz	Cóndor de los andes	<i>Vultur gryphus</i>	CR
	Tití gris	<i>Saguinus leucopus</i>	VU
	Paujil pico azul	<i>Crax alberti</i>	CR
Zoológico de Cali	Cóndor de los andes	<i>Vultur gryphus</i>	CR
	Nutria gigante de río	<i>Pteronura brasiliensis</i>	EN
Zoológico de Barranquilla	Cóndor de los andes	<i>Vultur gryphus</i>	CR
	Tití gris	<i>Saguinus leucopus</i>	VU

Fuente: *Información obtenida de las páginas web de cada institución.

La información del pedigrí es uno de los aspectos que se registran en el *studbook* de la especie. En este documento institucional se consigna también la historia demográfica de cada individuo de una población *ex situ* administrada por instituciones miembros de la Asociación de Zoológicos y Acuarios (AZA). Este documento se conoce como la identidad genética y demográfica de la población y es valiosa para rastrear y administrar a cada individuo como parte de una sola población *ex situ*. En Colombia están publicados siete *studbook* correspondientes al tití gris (*Saguinus leucopus*), paujil pico azul (*Crax alberti*), jaguar (*Panthera onca*), rana veneno de dardo (*Oophaga leghmanni*), mono araña (*Ateles fuscipes*), águila harpía (*Harpia harpija*), rana dardo dorada (*Phyllobates terribilis*) (Asociación Colombiana de Parques Zoológicos y Acuarios [Acopazoa], 2020).

Sin embargo, solo en uno de ellos se encuentra integrada información genética; el *Studbook Nacional de tití gris (Saguinus leucopus)* (Günter 1876) (Falla, 2017). En este se incorporó la información para la especie analizada por Arciniegas (2015), quien a partir de muestras obtenidas en la naturaleza y mediante marcadores nucleares y mitocondriales detectó tres agrupaciones o acervos genéticos (sur, centro y norte) correspondientes a tres zonas del rango de distribución de la especie. Gracias a dicha información, posteriormente, con el uso de los mismos marcadores y con un estudio de asignación poblacional, logró determinar el origen geográfico de los individuos fundadores de las poblaciones *ex situ* de siete diferentes zoológicos del país. Esta información, además de haber definido los acervos genéticos *ex situ*, permite llevar a cabo intercambios entre los individuos de cada acervo para aumentar la diversidad genética y hacer liberaciones en cualquiera de las tres zonas geográficas del rango de distribución sin temor a causar erosión genética en las poblaciones naturales. Aunque en dicho estudio se utilizaron los marcadores microsatélites para detectar la estructura poblacional, también podrían analizarse para obtener el perfil genético de cada individuo (Pineda *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2004) y así, de forma más certera, realizar intercambios de individuos que proporcionen alelos nuevos aumentando de esta forma la diversidad genética de la población destino.

El conocer el estado de la diversidad genética en las poblaciones naturales, facilitará reconocer qué poblaciones necesitan individuos criados en cautiverio (reforzamiento) o qué individuos de las poblaciones naturales (que han sido incautadas) se requieren en cautiverio para aumentar la diversidad genética en la población que lo requiera. Lo ideal es que los demás *studbooks*, al igual que los que están en construcción, incorporen este tipo de análisis genéticos.

Información genética de especies con distribución en Colombia se puede encontrar en la bibliografía que, por ejemplo, el Laboratorio de Genética de poblaciones molecular y Biología evolutiva de la Universidad Javeriana de Bogotá ha publicado varios artículos y capítulos de libro enfocados en especies de mamíferos (tabla 6.2), los cuales han sido utilizados para prestar el servicio de asignación geográfica a Corporaciones Autónomas Regionales cuando tienen individuos adecuados para las liberaciones. Pero hasta el momento, ningún zoológico ha requerido de este servicio para conocer las condiciones de sus poblaciones.

Tabla 6-2. Listado de especies con información para realizar asignaciones poblacionales para cría en cautiverio, liberaciones, reintroducciones o enriquecimientos

Orden	Género	Especies	Orden	Género	Especies	
Primates	<i>Cebus</i>	Todas	Pilosa	<i>Nasua</i>	<i>N. narica</i>	
	<i>Saimiri</i>	Todas			<i>N. nasua</i>	
	<i>Aotus</i>	Todas		<i>Nasuella</i>	<i>N. olivaceae</i>	
	<i>Saguinus</i>	<i>S. leucopus</i>			<i>Potos</i>	<i>P. flavus</i>
		<i>S. oedipus</i>			<i>Bradypus</i>	<i>B. variegatus</i>
		<i>S. geoffroyi</i>			<i>Choloepus</i>	<i>C. hoffmanni</i>
	<i>Aluatta</i>	Todas		<i>C. didactylus</i>		
	<i>Ateles</i>	Todas		Rodentia	<i>Hydrochoerus</i>	<i>H. hydrochoeris</i>
<i>Lagothrix</i>	Todas	<i>Cuniculus</i>	<i>C. paca</i>			
Carnívora	<i>Panthera</i>	<i>P. onca</i>	<i>Dasyprocta</i>		<i>D. punctata</i>	
	<i>Puma</i>	<i>P. concolor</i>			<i>D. fuliginosa</i>	
		<i>P. jaguaroundi</i>	Perissodactyla	<i>Tapirus</i>	<i>T. terrestris</i>	
	<i>Leopardus</i>	<i>L. pardalis</i>			<i>T. pinchaque</i>	
		<i>L. wiedii</i>			<i>T. bairdii</i>	
<i>L. tigrina</i>		Cetoartiodactyla	<i>Pecaritajacu</i>			

Orden	Género	Especies	Orden	Género	Especies
Carnívora	<i>Urocyon</i>	<i>U. cinereoargentatus</i>	Cetoartiodactyla		
	<i>Cerdocyon</i>	<i>C. thous</i>			<i>Tyassupecari</i>
	<i>Atelocynus</i>	<i>A. microtis</i>			<i>Odocoileusvirginianus</i>
	<i>Spheotos</i>	<i>S. venaticus</i>			<i>M. americana</i>
	<i>Lontra</i>	<i>L. longicauda</i>		<i>Mazama</i>	<i>M. rufina</i>
	<i>Pterunura</i>	<i>P. brasiliensis</i>		<i>Inia</i>	<i>I. geoffrensis</i>
	<i>Eira</i>	<i>E. barbara</i>		<i>Sotalia</i>	<i>S. fluviatilis</i>

Fuente: modificada de Ruiz-García (2018).

Una vez los zoológicos o bioparques tengan la información genética de cada individuo (especie, subespecie o grupo taxonómico intraespecífico, sexo, perfil genético) y por su parte los centros de rehabilitación tengan la misma información, pero de los individuos que se destinarán al cautiverio, un trabajo conjunto entre las dos instituciones podrá dar lugar a que los individuos que se requieran para cada población (zoológico) sea trasladado a dicha institución. De esa forma, los traslados serán planeados y se evitará el riesgo de exogamia. Los análisis de parentesco mediante microsatélites y el sexaje molecular también son claves para planificar cruzamientos en las poblaciones *ex situ*. En el segundo caso, para especies que no presenten dimorfismo sexual marcado como algunas especies de psitácidos.

Conclusiones

Las poblaciones *ex situ* al cuidado de los zoológicos en Colombia son potenciales candidatas para futuras reintroducciones y reforzamientos de las poblaciones naturales. Aunque no albergan poblaciones de todas las especies que se encuentran amenazadas, sí conservan otras representantes de especies nativas y endémicas que, de continuar con la tendencia a la reducción del tamaño poblacional y a la pérdida de la diversidad genética, podrían sentar las bases de la cría en cautiverio. Para este propósito,

es preponderante conocer la biología de la especie y hacer uso de la información genética, específicamente la relacionada con la estructura poblacional, con el fin de conocer la relación del origen geográfico con la taxonomía y de esta forma realizar cruzamientos entre individuos de la misma categoría taxonómica en el caso de la cría en cautiverio o realizar liberaciones en la zona geográfica más probable de donde fue extraído. De la misma manera, realizar programas de enriquecimiento o reintroducción con la certeza de no causar erosión genética por exogamia. Las autoridades ambientales y la academia deben trabajar de la mano para fortalecer las estrategias de conservación de la biodiversidad valorando la importancia de las poblaciones *ex situ* para ese propósito.

Referencias

- Acuña, R.A. (2003). *La biodiversidad*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Asociación Colombiana de Parques Zoológicos y Acuarios (Acopazoa). (2020). *Studbooks. Asociación Colombiana de parques zoológicos y acuarios*. <http://www.acopazoa.org/publicaciones/studbooks>
- Arciniegas, J. (2015). *Caracterización genética de poblaciones naturales de Saguinus leucopus (Primates: Callitrichidae) a lo largo de su rango de distribución* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Asociación de Zoológicos y Acuarios (AZA). (2015). *Studbooks*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56720>
- Barriga, J., López, L., García, F. y García, H. (2017). *Expediciones científicas nacionales. Colombia BIO-Colciencias. RET Biodiversidad. Ficha 104*. <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap1/104/>

- Caicedo-Herrera, D., Trujillo, F., Rodríguez, C.L. y Rivera, M.A. (2004). *Programa Nacional para la Conservación y Manejo de los Manatíes (Trichechus sp) en Colombia*. Fundación Omacha. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Castrillón-Torres, G.A. y Cadavid-Ramírez, H.J. (2018). Proceso de paz entre Gobierno colombiano y las Farc-EP: camino hacia la reincorporación de combatientes. *Entramado*, 14(2), 148-165. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4755>
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). (2010). *Plan estratégico para la diversidad biológica 2011 - 2020 y las metas de Aichi*. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheet-sp-es.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2017). *Plan de Conservación y Manejo (PCM) de la Polla Sabanera (Porphyriops melanops bogotensis) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5bd8cf8f4f014.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2019). *Plan de Manejo y Conservación de la Oncilla (Leopardus tigrinus) para la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ef51db990b48.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira). (2005). *Programa de conservación del Crocodylus acutus (caimán aguja) en Bahía Portete, departamento de La Guajira. Riohacha-Guajira*. <http://corpoguajira.gov.co/wp/wp-content/uploads/2017/07/PROGRAMA-DE-CONSERVACION-C3%93N-CAIM-C3%81N-AGUJA-BAH-C3%8DA-PORTETE.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira). (2017). Programa para la conservación de la guacamaya verde (Ara militaris) en la reserva forestal protectora de Montes de Oca, La Guajira. Informe final. Convenio 013 de 2012. Corpoguajira-Fundación Biota. <http://corpoguajira.gov.co/wp/wp-content/uploads/2017/07/INFORME-FINAL-GUACAMAYA.pdf>

- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena). (2019). Implementación del programa conservación del oso palmero. https://drive.google.com/file/d/1Qj_Aq8iO6l8CXCm1KMehenX81znYxZme/view
- Cortes-Ladino, A.M. (2016). Plan de manejo y conservación de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) en la Jurisdicción de la CAR Cundinamarca. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b7c643ce5dc2.pdf>
- Cheyne, S. (2006). Wildlife reintroduction: considerations of habitat quality at the release site. *BMC Ecology*, 6(5), 1-10. <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6785-6-5>
- Falla, A.C. (2017). *Studbook Nacional de tití gris (Saguinus leucopus)* (4ª. ed.). Asociación Colombiana de Parques Zoológicos y Acuarios (Acopazoa).
- Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). (2018). *Informe Planeta Vivo-2018: apuntando más alto*. https://wwf.panda.org/wwf_news/?337503/IPV2018
- Gómez-Díaz, M., Burbano-Yandi, C. y Bolívar-García, W. (2019). *Actualización del plan de manejo para la rana venenosa de Lehmann Oophaga lehmani (Myers y Daly, 1976)*. Ed. Universidad del Valle. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- Hernández, M. y Linares, E. (2005). El tráfico de especies silvestres como empresa del crimen organizado. *Revista Criminalidad*, 48, 338 -348.
- Herrón, P.A. (2004). *Plan de acción para la conservación de las tortugas marinas del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina). <https://www.coralina.gov.co/planes/planificacion-institucional-y-ambiental/planes-de-manejo/planes-conservacion-especies-claves/3011-plan-accion-tortugas-total/file>
- Laufner, P. (2010). *Forbidden Creatures: Inside the world of animal smuggling and exotic pets*. Lyons Press Guildford.

- Leizagoyen, C. (2005). Conservación *ex situ*: los zoológicos y la genética de la conservación. *Agrociencia*, 9(1-2), 597-602. <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/350>.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MinAmbiente). (2002). *Programa Nacional para la conservación del caimán llanero *Crocodylus intermedius**. https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadYServiciosEcosistemicos/pdf/Programas-para-la-gestion-de-fauna-y-flora/471_caiman.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MinAmbiente). (2004). *Programa Nacional para la Conservación del cóndor andino en Colombia. Plan de acción 2006-2016*. https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadYServiciosEcosistemicos/pdf/Programas-para-la-gestion-de-fauna-y-flora/4023_100909_prog_conserv_condor.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MinAmbiente). (2012). *Estrategia nacional para la prevención y control al tráfico ilegal de especies silvestres: diagnóstico y plan de acción ajustado*. https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadYServiciosEcosistemicos/pdf/Planes-para-la-conservacion-y-uso-de-la-biodiversidad/ESTRATEGIA_NACIONAL_PARA_LA_PREVENCION_Y_CONTROL_DEL_TR%C3%81FICO_ILEGAL_DE_ESPECIES_SILVESTRES.pdf
- Moreno, E. (2010). *Los programas de cría en cautividad: una herramienta necesaria para la conservación de especies amenazadas*. https://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/articulos/programas_de_crias_en_cautividad
- Moritz, C. (1994). Defining “evolutionarily significant units” for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 9(10), 373-375. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90057-4](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90057-4)
- Nijman, V. (2010). An overview of international wildlife trade from Southeast Asia. *Biodiversity and Conservation*, 19, 1101-1114. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-009-9758-4>
- Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2016). *World Wildlife Crime Report: Trafficking in protected species*. Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convenio sobre Diversidad Biológica*. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Payán, E., Fonseca, M., Bravo, E., Moreno-Foglia, O., Mejía, A. y Valderrama, C. (2015). *Plan de acción para la conservación de los felinos en el Valle del Cauca, Colombia (2016-2019)*. Panthera Colombia y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Cali, Colombia.
- Pérez-Padilla, A., Pérez-Gil, E., Pallarés-Miralles, N., Llecha-Jofre, C. y Nogales-Peral, A. (2012). Ética y bienestar de los animales en los parques zoológicos. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Pineda, H., Olivera, M., Urcuqui, S., Trujillo, E. y Builes, J. (2006). Evaluación del polimorfismo por microsatélites en individuos de *Piaractus brachypomus* (*Characidae*, *Serrasalminae*) provenientes del río Meta, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19(1), 66-69. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-06902006000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Primack, R. (2001). Problemas de las poblaciones pequeñas en R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo, *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica.
- Quiñones, F., Garcés-Restrepo, M., Rojas, V., Saavedra-Rodríguez, C., Gutiérrez-Chacón, C., Duque, N., Ríos-Franco, C., Gómez-Posada, C., Giraldo, P., Velasco, J. y Franco, P. (2012). *Plan de conservación y manejo del tucán pechigrís (Andigena hypoglauca)*. Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero Colombiano (SIRAP-EC).
- Rangel, O. (1995). *Colombia diversidad biótica I: clima, centros de concentración de especies, fauna*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel, O. (2005). La biodiversidad de Colombia. *Palimpsestvs*, (5) <https://revistas.unal.edu.co/index.php/palimpsestvs/article/view/8083/8727>.
- Renjifo, L.M., Gómez, M.F., Velásquez, J., Amaya, A., Kattan, G., Amaya, J. y Burbano, J. (2014). *Libro rojo de aves de Colombia*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Instituto Humboldt.

- Resolución 2064 de 2010. Por la cual se reglamentan las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especímenes de especies silvestres de Fauna y Flora Terrestre y Acuática y se dictan otras disposiciones. 26 de octubre de 2010. D.O. 47.874. https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_2064_de_2010_ministerio_de_ambiente,_vivienda_y_desarrollo_territorial.aspx#/
- Resolución 1972 de 2017. Por la cual se establece el listado de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional. 2017. 24 de noviembre de 2017. <http://www.sdp.gov.co/transparencia/normatividad/actos-administrativos/resolucion-1972-de-2017>
- Rodríguez, J., Wheeler, C., Dodd, S., Bruford, M. y Rosadio, R. (2004). Determinación de parentesco en alpacas (*Vicugna pacos*) por medio del análisis de ADN microsatélite. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 15(2). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172004000200004
- Rosen, G.E. y Smith, K.F. (2010). Summarizing the evidence on the international trade in illegal wildlife. *Ecohealth*, 7(1), 24-32. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20524140/>
- Ruiz-García, M. (2018). Revisión de los aportes de los datos moleculares en la conservación de los mamíferos con especial énfasis en la asignación geográfica de ejemplares procedentes del tráfico y caza ilegal en Colombia y en Latinoamérica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 112, 73-122. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6890516>
- Salafsky, N., Salzer, D., Stattersfield, A., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchart, S., Collen, B., Cox, N., Master, L.L., O'Connor, S. y Wilkie, D. (2008). A standard lexicon for biodiversity conservation: Unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, 22(4), 897-911. <https://www.jstor.org/stable/26269365>
- Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia (SiB Colombia). (2016). *Biodiversidad en cifras*. <https://www.sibcolombia.net/biodiversidad-en-cifras/>.

Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia (SiB Colombia). (2019). *Biodiversidad en cifras*. <https://cifras.biodiversidad.co/>

Superina, M., Trujillo, F., Mosquera, F., Combariza, R. y Parra, C.A. (2014). *Plan de acción para la conservación de los armadillos de los Llanos Orientales*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área Especial La Macarena (Cormacarena), Corporinoquia, ODL y Fundación Omacha.

Tobasura, I. (2006). Una visión integral de la biodiversidad en Colombia. *Revista Luna Azul*, 2. http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul2_4.pdf

Trujillo, F., Portocarrero, M. y Gómez, C. (2008). *Plan de manejo y conservación de especies amenazadas en la Reserva de Biósfera El Tuparro: delfines de río, manatíes, nutrias, jaguares y tortugas del género Podocnemis*. Proyecto Pijiwi Orinoko (Fundación Omacha-Fundación Horizonte Verde), Forest Conservation Agreement.

Trujillo, F., Crespo, E., Van Damme, P.A. y Usma, J.F. (eds.). (2010). *The Action Plan for South American River Dolphins 2010-2020*. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Fundación Omacha, WDS, WDCS, Solamac.

Wyler, L.S. y Sheikh, P. (2008). *International illegal trade in wildlife: threats and U.S. policy*. CRS.