

Investigación participativa y conservación de especies amenazadas en dos áreas silvestres protegidas de la cuenca del río Cotón, Costa Rica

Diego A. Gómez-Hoyos^{1,8} , José Méndez² , Estefany González² , Kerlyn Jiménez-Corrales³ , Ruddy Fallas^{4,8} , Adams Méndez⁵ , Rafael Méndez⁵ , María José Camacho-Durán⁶ , Randall Jiménez⁷ , Rocío Seisdedos-de-Vergara¹ , Henry Sandi-Amador⁸ , Julio Rojas⁹ , Junior Porras⁹ , Jan Schipper¹⁰  & José F. González-Maya^{1,11} 

1. Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras - ProCAT Internacional. Heredia, Costa Rica; biodiego88@gmail.com, rocio3@gmail.com
2. Las Alturas del Bosque Verde Ltda., Coto Brus, Costa Rica; jm003952@gmail.com, estefanygontorres@gmail.com
3. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC), Oficina Regional, Puriscal, Costa Rica; kerlyn.jimenez@sinac.go.cr
4. Brigada de Monitoreo Participativo Guardianes del Bosque, Coto Brus, Costa Rica; fallasruddy@gmail.com
5. Brigada de Monitoreo Participativo Pittier, Coto Brus, Costa Rica; holaadams@gmail.com, turismopittier@gmail.com
6. Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Ecología y Territorio, Semillero de Ecología y Conservación de Anfibios y Reptiles, Bogotá, Colombia; mariajcadu28@gmail.com
7. Natura de Costa Rica, Coto Brus, Costa Rica; Asociación Ambiental Finca Cántaros, Coto Brus, Costa Rica; rjimeborbon@gmail.com
8. Iniciativa de Conservación de Anfibios y Reptiles de Costa Rica, San Vito de Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica; pipra14@yahoo.com
9. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Área de Conservación La Amistad-Pacífico (ACLAP), San Isidro del General, Costa Rica; junior.porras@sinac.go.cr, julio.rojas@sinac.go.cr
10. Arizona Center for Nature Conservation, Phoenix Zoo. Phoenix, Arizona, Estados Unidos; Jschipper@phoenixzoo.org
11. Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Ambientales, CBS, Unidad Lerma, Av. de las Garzas No. 10, Col. El Panteón. C.P, 52005, Lerma de Villada, Estado de México, México; jfgonzalezmaya@gmail.com,

Recibido 18-X-2021 • Corregido 22-X-2021 • Aceptado 25-X-2021

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v14iS1.3879>

ABSTRACT. “Participatory research and conservation of threatened species in two wildlife protected areas of the Cotón River watershed, Costa Rica”. **Introduction:** Species categorized as threatened according to the IUCN are recognized as a global conservation priority, and their vulnerability to extinction demands immediate conservation actions. The Cotón River watershed, which includes the Las Tablas Protected Zone and the Pájaro Campana Biological Reserve, is one of the watersheds with more threatened species in Costa Rica: at least 35 vertebrate species under extinction risk. **Objective:** To identify the threatened species in the watershed and their threats, as a basis for conservation. **Methods:** Since 2016, species have been identified with camera traps, direct observation in transects, point counts and free surveys. Threats were identified with face-to-face workshop “social mapping”. **Results:** We obtained recent records of 12 Vulnerable, 7 Endangered and 1 Critically Endangered species (13 from conventional and 18 from citizen science). Threats include illegal hunting, deforestation and excessive use of agrochemicals. **Conclusion:** We recommend direct efforts and raising awareness to conserve the significant threatened fauna of The Cotón River watershed.

RESUMEN. Introducción: Las especies categorizadas como amenazadas según la UICN son reconocidas como una prioridad mundial de conservación, y su vulnerabilidad a la extinción demanda acciones inmediatas de conservación. La cuenca del río Cotón, que incluye la Zona Protectora Las Tablas y la Reserva Biológica Pájaro Campana, es una de las cuencas con más especies amenazadas en Costa Rica: al menos 35 especies de vertebrados en peligro de extinción. **Objetivo:** Identificar las especies amenazadas en la cuenca y sus amenazas, como base para su conservación. **Métodos:** Desde 2016 se identifican especies con cámaras trampa, observación directa en transectos, conteos puntuales e inspecciones libres. Las amenazas se identificaron con talleres presenciales de “mapeo social”. **Resultados:** Obtuvimos registros recientes de 12 especies Vulnerables, 7 En Peligro y 1 En Peligro Crítico (13 de estudio convencional y 18 de investigación participativa). Las amenazas incluyen la caza ilegal, la deforestación y el uso excesivo de agroquímicos. **Conclusión:** Recomendamos esfuerzos directos y de sensibilización para conservar la importante fauna amenazada de la cuenca del río Cotón.

Keywords: Cartography, citizen science, communities, habitat.

Palabras clave: Cartografía, ciencia ciudadana, comunidades, hábitat.

La Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es una importante fuente de información para priorizar los esfuerzos de conservación de especies en peligro de extinción (Rodrigues et al., 2006). La información sistematizada en la UICN sobre la vulnerabilidad a la extinción de las especies, su distribución e información ecológica es importante para la planificación de la conservación a nivel territorial, como es el caso del manejo de áreas silvestres protegidas (Hoffmann et al., 2008). Por ejemplo, con esta información de especies amenazadas la región de Talamanca ha sido denominada como una de las áreas más irremplazables para la conservación de los vertebrados en el mundo (Le Saout et al., 2013).

La región de Talamanca tiene una representación importante de áreas silvestres protegidas y el Área de Conservación La Amistad-Pacífico administra la mayoría de ellas. Estas áreas protegidas tienen diferentes categorías de manejo, lo que implica estrategias de conservación acordes a estas. Dos de estas áreas son la Zona Protectora Las Tablas (ZPLT) y la recientemente declarada Reserva Biológica del Bicentenario de la República-Pájaro Campana (RBBR-PC), las cuales comparten su área en la cuenca del río Cotón. La cuenca del río Cotón es una de las cuencas con mayor número de especies de vertebrados amenazados de Costa Rica, con al menos 35 especies vulnerables a la extinción (González-Maya et al., 2014; Leenders, 2016; 2019; Gómez-Hoyos et al., 2018a; International Union for Conservation of Nature [IUCN], 2021).

El conocimiento sobre las especies amenazadas de la cuenca del Río Cotón ha sido abordado tradicionalmente desde la investigación convencional en biología (González-Maya et al., 2014; González-Maya et al., 2018; Gómez-Hoyos et al., 2018b; Gómez-Hoyos et al., 2020a), pero recientemente ha habido experiencias de investigación participativa que incluye a actores locales en el proceso (Gómez-Hoyos et al., 2018a; 2018b), liderados principalmente por la Asada Gutiérrez Brawn, la unión zonal de asociaciones de Pittier y el proyecto paisajes productivos del SINAC-PNUD. En este estudio evaluamos el papel que han cumplido los procesos de investigación participativa para conocer las especies amenazadas de la ZPLT y la RBBR-PC, especialmente identificando las especies que aún sobreviven en la cuenca y cuáles son sus amenazas con el fin de planear y ejecutar acciones de conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La ZPLT y la RBBR-PC se encuentran en el cantón de Coto Brus y cubren en conjunto un área con más de 19.000 ha. Estas áreas protegidas se encuentran principalmente en la cuenca media y alta del Río Cotón y representan un gradiente de elevación que va desde 1200 m hasta aproximadamente 2800 m. Los límites de estas áreas incluyen las zonas de vida de bosque pluvial montano y montano bajo, así como el bosque muy húmedo montano bajo y premontano.

Investigación convencional: Este enfoque de investigación ha sido liderado por la organización ProCAT Internacional en el área y se trata principalmente de estudios con cámaras trampa desde el año 2005 hasta el 2020, con el fin de investigar y proponer acciones de conservación para los mamíferos medianos y grandes (González-Maya et al., 2014). Además, esta misma organización ha tenido un componente fuerte de investigación y conservación de anfibios y reptiles en la zona (González-Maya et al., 2018; Gómez-Hoyos et al., 2018b; 2020a). Estos esfuerzos



de investigación se utilizaron para analizar los registros de especies de vertebrados amenazados que se encuentran en la ZPLT y la RBBR-PC. También se realizaron búsquedas en la Lista Roja de la UICN para determinar el total de especies amenazadas en el área de estudio (IUCN, 2021).

El diseño de muestreo con cámaras trampa ha sido variable de acuerdo a los objetivos de investigación que incluyeron un inventario de base y el monitoreo de mamíferos con 259 estaciones de cámaras trampa en un período de 9 años -2005-2013- (las estaciones no fueron continuas ni independientes y no se logró obtener georreferencias), así como 43 estaciones entre 2016 y 2018, en todas las ocasiones distanciadas por lo menos por 1 km lineal. También se evaluó el efecto de borde en el remanente de bosque que está incluido en la ZPLT para la cual utilizaron 41 estaciones de cámara trampa entre 2018 y 2020.

El estudio de anfibios y reptiles ha estado representado por recorridos estandarizados diurnos (enfocados principalmente al estudio de *Atelopus varius*) en un trayecto de 2,2 km del río Cotón en 2016 (Seisdedos-de-Vergara, 2017; Gómez-Hoyos et al., 2018b; Gómez-Hoyos et al., 2020a), así como entre los años 2017 y 2021 en un trayecto de 1,1 km en el mismo río y con los mismos objetivos. También se han realizado evaluaciones de la densidad poblacional de anfibios y reptiles en el año 2018 con muestreos nocturnos en 14 transectos de 100 m de longitud, así como el efecto de borde usando 30 transectos de 50 m de longitud en los años 2019 y 2020. Durante estos períodos también se han realizado recorridos libres y sin restricciones, tanto diurnos como nocturnos, de los cuales no se conoce con precisión el esfuerzo dedicado.

Investigación participativa: Este marco de investigación ha sido abordado desde el año 2010 hasta el 2020 (excepto en 2016) con los conteos de pájaro campana y otras aves, el cual lidera el SINAC con funcionarios de ACLAP. Por su parte, en el 2017 se realizaron los inventarios participativos de biodiversidad que incluyeron recorridos en la ZPLT y su zona de amortiguamiento, en los cuales también se hicieron recorridos libres en la cuenca media y baja del río Cotón (Gómez-Hoyos et al., 2018a).

Desde abril de 2020 hasta la actualidad se realizan recorridos por senderos y carreteras de la ZPLT y la RBBR-PC y su zona de amortiguamiento, con el fin de obtener registros de especies amenazadas. Estos registros se han obtenido a través de formularios de Open Data Kit (ODK, <https://opendatakit.org>), registros históricos de eBird y registros directos con un GPS manual. Los registros tuvieron como mínimo información de la fecha, la especie y la ubicación geográfica, pero en algunas ocasiones estuvo complementada con la hora, el tipo de registro (visual, huella, auditivo, olfativo), y el recorrido realizado durante el día de los registros. Los recorridos los realizan personas de las comunidades locales, especialmente de La Lucha, Palmira y Gutiérrez Brawn, de los cuales seis personas aportaron registros activamente. Estos investigadores locales se entrenaron en la observación y registro de especies de vertebrados amenazados o con presión por cacería. Además, con estas personas locales se estandarizó la relación entre el nombre común de las especies y la nomenclatura binomial (nombre científico) a la que corresponde para evitar confusiones.

Los registros obtenidos con ambos enfoques de investigación fueron procesados en el programa QGIS (2021). Para esto, se generaron celdas de 1 km y con la herramienta “contar puntos en polígonos” se sumaron todas las especies amenazadas registradas por celda como un *proxy* de la riqueza de especies amenazadas. Con esto se buscó identificar las celdas dentro de las áreas protegidas (ZPLT y RBBR-PC) y su zona de amortiguamiento con la mayor cantidad de especies amenazadas y las implicaciones que esto tiene para la planificación de la conservación.

Registro de amenazas: Con el enfoque de investigación participativa también se realizaron registros de amenazas en las áreas protegidas y su zona de amortiguamiento, los cuales han sido identificados y mapeados a través de los formularios de ODK descritos arriba, así como con

cartografía social en un taller presencial donde participaron actores locales del proyecto. El taller se realizó en marzo de 2021 y participaron 30 personas de la comunidad local y fue moderado por cuatro personas adicionales. Durante el taller se identificaron, mapearon y priorizaron las amenazas de acuerdo al objetivo “Conservar el agua, el bosque y los animales de la cuenca del Río Cotón para el beneficio de sus comunidades”. La priorización se realizó teniendo en cuenta votaciones democráticas entre los participantes, contrastando entre las amenazas cuál de ellas era la más importante con base en herramientas participativas (Geilfus, 2002).

RESULTADOS

Especies amenazadas: Los esfuerzos de investigación históricos y actuales ha permitido identificar un total de 36 especies de vertebrados amenazados en la cuenca del río Cotón (Anexo 1), de las cuales 35 especies se encuentran en alguna de las áreas protegidas del presente estudio (ZPLT y RBBR-PC). De estas 35 especies el 51,42% corresponde a anfibios (18 especies), cinco especies tanto de reptiles como de aves (cada una 14,28%) y 7 especies de mamíferos (20%). De estas especies 16 se encuentran en categoría de Vulnerable, 12 en Peligro y 7 especies en Peligro Crítico (Anexo 1), la mayor categoría de vulnerabilidad a la extinción.

La integración de los enfoques de investigación convencional en biología y el participativo permitió registros recientes de 20 especies amenazadas, de las 35 reportadas históricamente (57,14%; Tabla 1) representadas en 2334 registros en la ZPLT y RBBR-PC y su zona de amortiguamiento (Fig. 1). Estos corresponden a 488 registros que pertenecen al enfoque participativo, y del enfoque convencional corresponden 193 localizaciones independientes de diferentes especies y 1653 registros de *Atelopus varius* (objeto de monitoreo en la zona). El área con mayor riqueza de especies amenazadas fue la zona sur de la ZPLT, aledaña a la carretera que conduce desde el poblado La Lucha hasta el sector de Las Tablas (Fig. 1). En general, la RBBR-PC y la zona norte de la ZPLT tuvieron pocos registros (Fig. 1), debido a su difícil acceso.

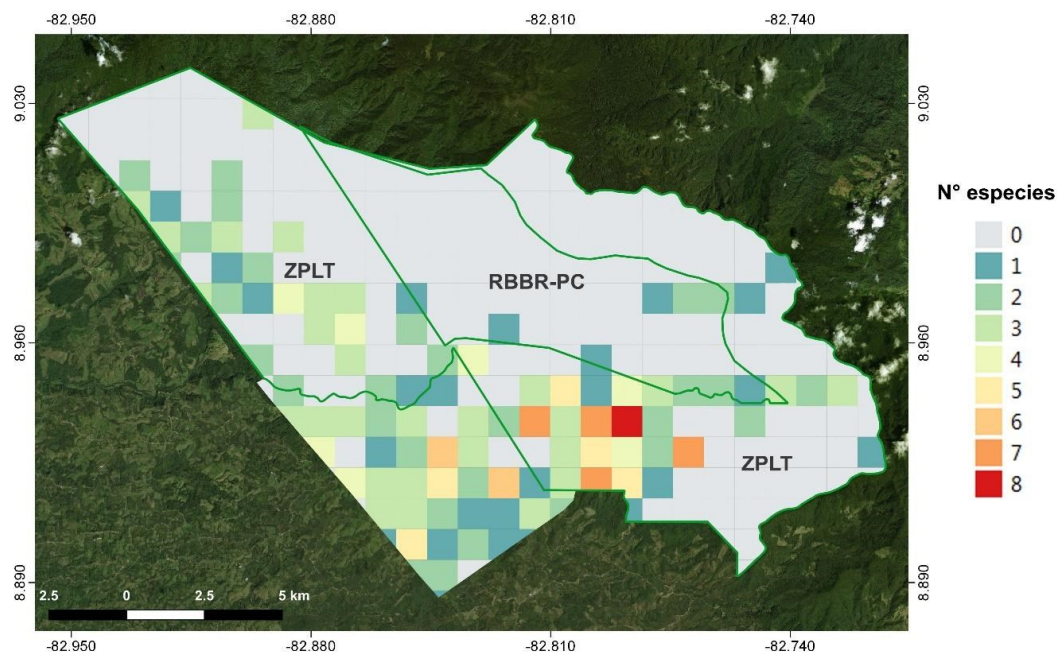


Fig. 1. Frecuencia de especies de vertebrados amenazados en la Zona Protectora Las Tablas (ZPLT) y la Reserva Biológica Pájaro Campana (RBBR-PC), Costa Rica.

Teniendo en cuenta los registros históricos, los anfibios son quienes proporcionalmente tuvieron menos registros recientes con 6 especies (*Atelopus varius*, *Isthmohyla rivularis*, *Bolitoglossa minutula*, *B. gomezi*, *B. sombra* y *Oedipina savagei*) de 18 históricamente reportadas, seguido por los reptiles con 3 especies de 5, mientras que las aves tuvieron 4 especies de 5 y las 8 especies de mamíferos amenazados reportados del área fueron registrados recientemente. Teniendo en cuenta la categoría de amenaza, 12 (75%) de las 16 especies vulnerables del área fueron reportadas, mientras que sólo el 58,33% (7 de 12 especies) de las especies En Peligro y el 14,28% (1 de 7 especies) de las especies en Peligro Crítico se lograron registrar.

Trece de estas especies registradas provienen de los procesos de investigación convencional y 18 especies fueron registradas por investigadores locales con el enfoque participativo (Tabla 1). Siete especies fueron registradas sólo con el enfoque participativo (*Isthmohyla rivularis*, *Bolitoglossa minutula*, *B. sombra*, *Anolis benedikti*, *Cotinga ridgwayi*, *Patagioenas subvinacea* y *Procnias tricarunculatus*), mientras que sólo *B. gomezi* y *Lachesis melanocephala* fueron registradas exclusivamente con la investigación convencional. Ambos enfoques fueron complementarios (cada uno aporta registros exclusivos) en el registro de anfibios y reptiles (Tabla 1). El enfoque participativo tuvo un aporte importante para los anfibios y aves, pero fue redundante con los registros de la investigación convencional para los mamíferos (Tabla 1).

TABLA 1

Especies de vertebrados amenazados globalmente registrados en la Zona Protectora Las Tablas (ZPLT) y la Reserva Biológica Bicentenario de la República - Pájaro Campana (RBBR-PC) a través de investigación convencional (IC) e investigación participativa (IP). Categorías de amenaza de la UICN, VU: Vulnerable; EN: En Peligro; CR: Peligro Crítico.

Clase	Especie	Categoría UICN	Nombre común local	Área protegida	Enfoque
Amphibia	<i>Atelopus varius</i>	CR	Rana arlequín	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP
	<i>Isthmohyla rivularis</i>	EN		RBBR-PC, ZPLT	IP
	<i>Bolitoglossa gomezi</i>	EN		ZPLT	IC
	<i>Bolitoglossa minutula</i>	EN		RBBR-PC, ZPLT	IP
	<i>Bolitoglossa sombra</i>	VU		ZPLT	IP
	<i>Oedipina savagei</i>	VU		ZPLT	IC, IP
Reptilia	<i>Geophis talamancae</i>	EN		ZPLT	IC, IP
	<i>Lachesis melanocephala</i>	VU	Plato negro	ZPLT	IC
	<i>Anolis benedikti</i>	EN		RBBR-PC, ZPLT	IP
Reptilia -Aves	<i>Cotinga ridgwayi</i>	VU	Cotinga turquesa	ZPLT	IP
	<i>Procnias tricarunculatus</i>	VU	Pájaro campana	RBBR-PC, ZPLT	IP
	<i>Crax rubra</i>	VU	Pavón	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP
	<i>Patagioenas subvinacea</i>	VU	Paloma	ZPLT	IP
Mammalia	<i>Tayassu pecari</i>	VU	Chanco de monte	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP
	<i>Leopardus tigrinus</i>	VU	Tigrillo	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP
	<i>Sylvilagus dicei</i>	VU	Conejo	ZPLT	IC, IP
	<i>Tapirus bairdii</i>	EN	Danta	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP
	<i>Ateles geoffroyi</i>	EN	Mono colorado	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP
	<i>Alouatta palliata</i>	VU	Mono congo	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP
	<i>Cebus imitator</i>	VU	Mono carablanca	RBBR-PC, ZPLT	IC, IP

Identificación de amenazas: A través de los registros con los formularios de ODK y el taller participativo, se lograron identificar 11 amenazas que operan en la cuenca del río Cotón, incluso en las áreas protegidas ZPLT y RBBR-PC (Fig. 2). De estas amenazas se priorizaron la deforestación, el uso excesivo de agroquímicos y la cacería. La cacería ilegal se presenta en casi toda el área de estudio, especialmente en zonas de las áreas protegidas aledañas a La Lucha (área de alta frecuencia de registros de especies amenazadas; Fig. 1) o camino al sector de Las Tablas. La deforestación y el uso excesivo de agroquímicos están concentradas en el sector de Las Tablas y el límite sur de la ZPLT. También ha habido focos de deforestación aledaños a la RBBR-PC, previos a su declaración.

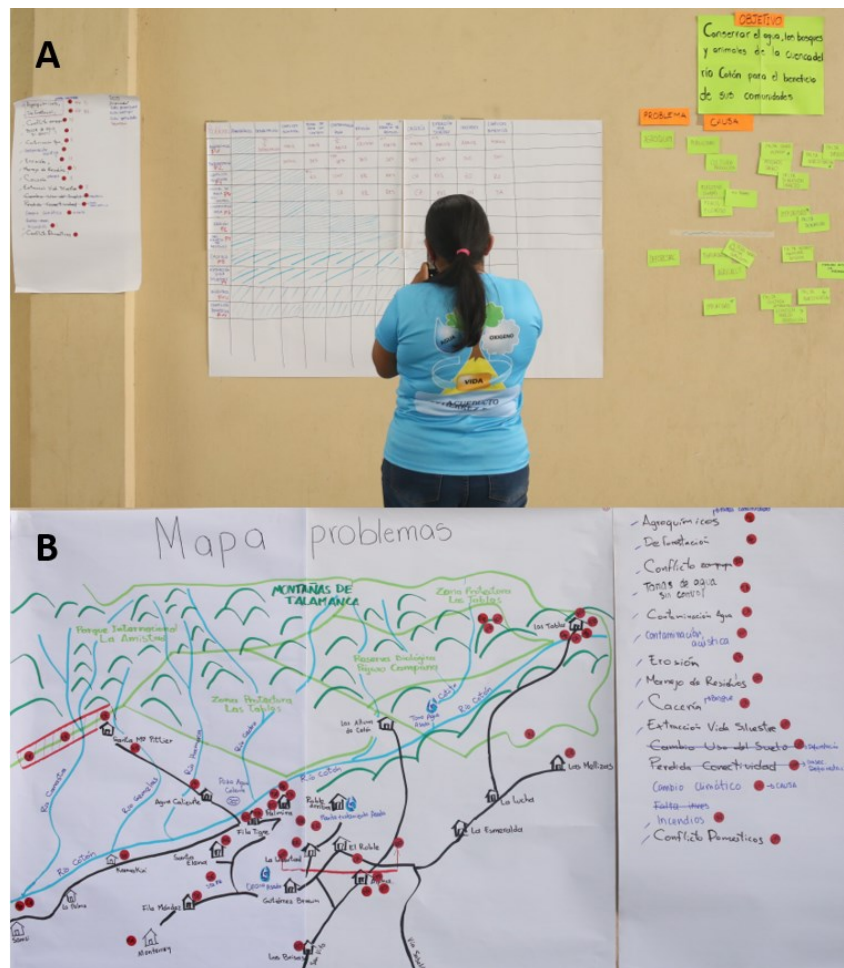


Fig. 2. Identificación, priorización (A) y mapeo (B) de las amenazas de la cuenca del río Cotón y la Zona Protectora Las Tablas y Reserva Biológica del Bicentenario de la República - Pájaro Campana a través de estrategias participativas.

DISCUSIÓN

Los procesos de investigación convencional y con el enfoque participativo permitieron tener registros recientes de 20 especies de vertebrados amenazados de extinción en la ZPLT y la RBBR-PC, lo que representa el 57,14% de los registros históricos en la zona (González-Maya et al., 2014; Leenders, 2016; 2019; Gómez-Hoyos et al., 2018a). Las 15 especies que no se lograron registrar corresponden principalmente a anfibios (12 especies), lo cual se puede atribuir al declive y potencial extinción local de algunas de estas especies, luego de un brote de quitridiomycosis (Lips et al., 2003). De hecho, puede ser que algunas de estas especies (especialmente en categorías de Peligro Crítico) sin registro puedan estar extintas, como ocurrió con *Atelopus chiriquiensis* (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020). Sin embargo, no se descartan factores intrínsecos de estos organismos, pues la mayoría son nocturnos y tiene distribución restringida, lo que dificulta obtener registros de algunas de estas especies.

De los registros recientes obtenidos, se resalta el papel relevante que tuvo la investigación participativa para el registro de anfibios y aves, ya que una proporción importante proviene de este enfoque (Tabla 1). En las aves fue importante para el registro de especies menos conspicuas como la Cotinga turquesa, a diferencia de aves más conspicuas como la pájaro campana que es fácil de escuchar o el pavón que se puede registrar con las cámaras trampa. Este escenario tiene que ver con las habilidades y experiencia de los biólogos que representan la investigación convencional, los cuales usualmente están especializados en grupos de organismos específicos a diferencia de los equipos de investigadores locales con los cuales se puede alcanzar mayor diversidad e intereses. En este caso de estudio, se demuestra que los investigadores locales pueden llenar los vacíos de especialidad de profesionales en biología, especialmente para la ornitología donde se conocen movimientos bien consolidados local, regional y mundialmente con los observadores de aves (Dickinson & Bonney, 2002).

Los mamíferos es el único grupo en el que ambos enfoques de investigación tuvieron papeles similares para el registro de la presencia de especies (Tabla 1). Sin embargo, se debe reconocer que no todos los mamíferos amenazados tienen la misma oportunidad de ser evaluados de forma participativa, ya que para algunas especies los registros son escasos con observaciones directas (e.g., *Tapirus bairdii*, *Leopardus tigrinus* y *Sylvilagus dicei*), por lo tanto, se recomienda la integración de los enfoques de investigación y el uso de herramientas como las cámaras trampa, con el fin de realizar evaluaciones poblacionales de estas especies. Por el contrario, los primates pueden ser registrados visualmente con mayor facilidad. Estas consideraciones son importantes, ya que los mamíferos grandes son elementos focales de manejo de la ZPLT y la RBBR-PC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación [SINAC], 2021a; 2021b). De hecho, estos planes de manejo sólo integra en los elementos focales de manejo tres de 20 especies amenazadas presentes en el área (*Tapirus bairdii*, *Alouatta palliata* y *Procnias tricarunculatus*), dejando excluidos a algunas especies de anfibios y reptiles que son exclusivos o de pocas localidades más que estas áreas protegidas.

El enfoque participativo de la investigación en biodiversidad tiene precedentes importantes en la región de Coto Brus para aportar a inventarios o aspectos de distribución de especies (Gómez-Hoyos et al., 2018a; 2018c; 2020b). Sin embargo, en este estudio demostramos su gran valor para la investigación y conservación de especies de vertebrados amenazados. Se presenta entonces una oportunidad importante para definir estrategias de conservación y manejo en las áreas protegidas ZPLT y RBBR-PC que puedan ser evaluadas con estrategia de monitoreo a través del enfoque participativo de la investigación y apoyado por la investigación convencional cuando sea necesario o cuando pueda ejecutarse.

La identificación, mapeo y priorización de amenazas fue importante para detectar lugares que necesitan esfuerzos de manejo. Estos resultados demuestran la necesidad de dirigir esfuerzos

al manejo y ordenamiento del territorio en el sector de Las Tablas, pues es el lugar donde se concentran la mayor cantidad de anfibios amenazados y de amenazas activas que afectan a ambas áreas protegidas (ZPLT y RBBR-PC) y degradan el hábitat para estas especies. También, el sector sur de la ZPLT presenta la mayor frecuencia de registros de especies amenazadas y es el área identificada con mayor presión de cacería, lo que podría afectar principalmente al pavón (*Crax rubra*) y a los mamíferos en general, pues se ha reportado que esta actividad provoca declive o extinción local de poblaciones (Redford, 1992; Robinson, 1996). Sin embargo, resaltamos que el área de mayor presencia de especies amenazadas ha sido zonificada como de intervención media y se planea la ampliación de la capacidad del acueducto de San Vito, administrado por el AyA, en la misma área (SINAC, 2021a). Se recomienda estudiar la posibilidad de una compensación al área protegida por los efectos ocasionados de la ampliación del acueducto, sobre la mayor concentración de especies amenazadas de la zona. Si bien la zonificación de intervención media en la ZPLT no necesariamente pone en alto riesgo a las especies amenazadas, si muestra una desconexión de la formulación de estos planes de manejo y la elección de elementos focales de manejo, con las experiencias de investigación tanto convencional como participativa en el área.

De hecho, es necesario trabajar en la concientización y alternativas a las actividades que amenazan estas áreas protegidas y las especies amenazadas, con el fin de mitigar la cacería, la deforestación y el uso indiscriminado de agroquímicos, y de esta manera conservar el hábitat de las especies amenazadas que sobreviven en la zona. Para esto, se recomienda integrar los procesos de investigación participativa con la educación y la comunicación para la conservación como lo propone Gómez-Hoyos (2019).

Es importante resaltar que el conocimiento acerca de las especies amenazadas y su estado de conservación se beneficia de la integración del enfoque de investigación convencional con enfoques participativos, ya que demostramos que son complementarios y necesarios para evitar visiones parciales o incompletas sobre la presencia de estas especies en estas áreas silvestres protegidas y potencialmente en otras del país. Además de documentar especies, el enfoque participativo involucra y empodera a las comunidades locales para identificar y proponer acciones ante amenazas que afecten a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos locales.

El enfoque participativo aquí demuestra ser complementario de la investigación convencional, entonces se propone que este enfoque no se utilice para describir la participación de personas de la comunidad en proyectos formales de ciencia, sino que se utilice para que los investigadores locales sean reconocidos como pares de los investigadores con formación en ciencia (Lakshminarayanan, 2007). Esto implica que la investigación participativa permite la participación de múltiples actores (incluyendo los que hacen investigación convencional) y no es un método de los científicos para mostrar inclusión sino una herramienta para desarrollar agendas locales de investigación y conservación.

Se concluye que los enfoques participativos articulados a la aproximación convencional pueden ser importantes instrumentos para la conservación de especies amenazadas tanto dentro como alrededor de áreas protegidas en la mayoría de paisajes tropicales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a The Mikelberg Family Foundation y ProCAT Internacional por financiar la mayoría de la ejecución de los procesos de investigación convencional. También a Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund así como al I Canje de Deuda por Naturaleza Estados Unidos-Costa Rica por el financiamiento parcial de este proyecto.



ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la preparación de este documento; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, estamos de acuerdo con la versión editada final de esta publicación. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista. La declaración de contribución de cada autor es la siguiente: D.A.G-H.: Diseño del estudio, recolección y análisis de datos. Todos los coautores: recolección de datos, preparación y aprobación final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Dickinson, J., & Bonney, R. (2002). Introduction: Why citizen science? In J.L. Dickinson & R.E. Bonney (Eds.). *Citizen Science* (pp. 1-14). Cornell University Press.
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnostico, planificación, monitoreo, evaluación*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Gómez-Hoyos, D. A. (2019). *Marco para el desarrollo de la investigación participativa integrada a la educación/comunicación ambiental: experiencias en la Reserva de la Biosfera La Amistad*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2653995>
- Gómez-Hoyos, D. A., Cascante, P., Flores, J., Oconitrillo, C., Méndez R., Méndez A., Seisdedos-de-Vergara, R., & Jiménez K. (2018a). *Inventarios participativos de la comunidad de Coto Brus: fase I evaluación ecológica de la subcuenca del Río Cotón, Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica*. Informe Técnico Unión Zonal de Asociaciones del sector Pittier y Comisión de Ambiente y Turismo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2566685>
- Gómez-Hoyos, D. A., Escobar-Lasso, S., Seisdedos-de-Vergara, R., Abarca, J. G., Schipper, J., Whitfield, S. M., & Gonzalez-Maya, J. F. (2018b). Phytotelmata selection by anurans and implications for their conservation at Las Tablas protected zone, Costa Rica. *Alytes*, 35, 1-11.
- Gómez-Hoyos, D. A., Méndez-Arrieta, R., Méndez-Arrieta, A., Seisdedos-de-Vergara, R., Abarca, J., Barrio-Amorós, C., & González-Maya, J. (2018c). Anuran inventory in a locality of the buffer area of La Amistad International Park, Costa Rica: pilot study for Citizen Science application. *Anales de biología*, 40, 57-64. <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.40.07>
- Gómez-Hoyos, D. A., Seisdedos-de-Vergara, R., Schipper, J., Allard, R., & González-Maya, J. F. (2020a). Potential effect of habitat disturbance on reproduction of the critically endangered harlequin frog *Atelopus varius* in Las Tablas, Costa Rica. *Animal Biodiversity and Conservation*, 43(1), 1-7. <https://doi.org/10.32800/abc.2020.43.0001>
- Gómez-Hoyos, D. A., Herrera Molina, W., Méndez-Arrieta, R., & Méndez-Arrieta, A. (2020b). La rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) en Costa Rica: Registro en la cuenca alta del Río Grande de Térraba a través de Inventarios Participativos de Biodiversidad. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3(1), 105-107. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2020.1.78>
- González-Maya, J. F., Schipper, J., & Castañeda, F. (2014). A long term inventory of medium and large mammals with camera-traps in Las Tablas Protected Zone, Costa Rica. *Mammalogy Notes*, 1(1), 15-16.
- González-Maya, J. F., Gómez-Hoyos, D. A., Cruz-Lizano, I., & Schipper, J. (2018). From hope to alert: demography of a remnant population of the Critically Endangered *Atelopus varius* from Costa Rica. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 53(3), 194-200.
- Hoffmann, M., Brooks, T. M., Da Fonseca, G. A. B., Gascon, C., Hawkins, A. F. A., James, R. E., ... & Silva, J. M. C. (2008). Conservation planning and the IUCN Red List. *Endangered Species Research*, 6(2), 113-125. <https://doi.org/10.3354/esr00087>



- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Atelopus chiriquiensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T54498A54340769.en>
- Lakshminarayanan, S. (2007). Using citizens to do science versus citizens as scientists. *Ecology and Society* 12(2): r2. <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/resp2/>
- Le Saout, S., Hoffmann, M., Shi, Y., Hughes, A., Bernard, C., Brooks, T. M., Bertzky, B., Butchart, S. H. M., Stuart, S. N., Badman, T., & Rodrigues, A. S. L. (2013). Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science*, 342(6160), 803-805. <https://doi.org/10.1126/science.1239268>
- Leenders, T. (2016). *Amphibians of Costa Rica*. Cornell University Press.
- Leenders, T. (2019). *Reptiles of Costa Rica: a field guide*. Comstock Publishing Associates.
- Lips, K. R., Green, D. E., & Papendick, R. (2003). Chytridiomycosis in wild frogs from southern Costa Rica. *Journal of Herpetology*, 37(1), 215-218.
- QGIS, (2021). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Redford, K. H. (1992). The empty forest. *BioScience*, 42, 412-422. <https://doi.org/10.2307/1311860>
- Robinson, J.G. (1996). Hunting wildlife in forest patches: an ephemeral resource. In: J. Schellas, & R. Greenberg (Eds.). *Forest Patches in Tropical Landscapes* (pp. 111-130). Island Press.
- Rodrigues, A., Pilgrim, J., Lamoreux, J., Hoffmann, M., & Brooks, T. (2006). The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(2), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.10.010>
- Seisdedos-de-Vergara, M. D. R. (2017). *Evaluación del estado poblacional del sapo arlequín (Atelopus varius) y la prevalencia del hongo quitridio (Batrachochytrium dendrobatidis) en una población de la zona protectora Las Tablas, Costa Rica*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Costa Rica]. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14138>
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2021a. Plan General de Manejo de la Zona Protectora Las Tablas 2021-2030. San José, Costa Rica.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2021b. Plan General de Manejo de la Reserva Biológica de Bicentenario de la República-Pájaro Campana 2021-2030. San José, Costa Rica.

APÉNDICE DIGITAL

Anexo 1. Especies de vertebrados amenazados de extinción de la Cuenca del Río Cotón, Costa Rica. Categorías de la UICN: VU: Vulnerable; EN: En Peligro; CR; Peligro Crítico.

Clase	Especie	Categoría UICN
Anfibios	<i>Incilius fastidiosus</i>	CR
	<i>Atelopus varius</i>	CR
	<i>Isthmohyla calypsa</i>	CR
	<i>Isthmohyla rivularis</i>	EN
	<i>Isthmohyla tica</i>	CR
	<i>Isthmohyla zeteki</i>	VU
	<i>Craugastor catalinae</i>	CR
	<i>Craugastor ranoides</i>	CR
	<i>Craugastor phasma</i>	CR
	<i>Lithobates vibicaria</i>	EN
	<i>Bolitoglossa minutula</i>	EN
	<i>Bolitoglossa compacta</i>	EN
	<i>Bolitoglossa marmorea</i>	EN
	<i>Bolitoglossa robusta</i>	VU
	<i>Bolitoglossa gomezi</i>	EN
	<i>Bolitoglossa sombra</i>	VU
	<i>Oedipina savagei</i>	VU
	<i>Oedipina grandis</i>	EN
Reptilia	<i>Geophis talamancae</i>	EN
	<i>Urotheca fulviceps</i>	VU
	<i>Lachesis melanocephala</i>	VU
	<i>Anolis benedikti</i>	EN
	<i>Anolis datzorum</i>	EN
Reptilia-Aves	<i>Cotinga ridgwayi</i>	VU
	<i>Crax rubra</i>	VU
	<i>Patagioenas subvinacea</i>	VU
	<i>Procnias tricarunculatus</i>	VU
	<i>Touit costaricensis</i>	VU
Mammalia	<i>Tayassu pecari</i>	VU
	<i>Leopardus tigrinus</i>	VU
	<i>Sylvilagus dicei</i>	VU
	<i>Tapirus bairdii</i>	EN
	<i>Saimiri oerstedii</i>	EN
	<i>Ateles geoffroyi</i>	EN
	<i>Alouatta palliata</i>	VU
	<i>Cebus imitator</i>	VU