

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v70iS1.53556>

Compensación ambiental por la segregación y uso de un área dentro de un refugio de vida silvestre: un caso de estudio empleando coste de oportunidad

Mahmood Sasa^{1,2*};  <https://orcid.org/0000-0003-0118-5142>

Fabián Bonilla²;  <https://orcid.org/0000-0002-5095-2750>

J. Edgardo Arevalo¹;  <https://orcid.org/0000-0003-4160-8373>

Federico Oviedo-Brenes³

José Esteban Jiménez Vargas^{3,6,7};  <https://orcid.org/0000-0002-8154-2156>

Felipe Triana²;  <https://orcid.org/0000-0003-2416-3616>

Marco Vinicio Cedeño Fonseca^{7,8,9};  <https://orcid.org/0000-0003-0119-0427>

Wagner López³

Sofía Granados Martínez^{2,10};  <https://orcid.org/0000-0001-9989-3854>

Alan Gerardo Alán Mora⁵

Ronney Alfaro Salazar⁵

1. Escuela de Biología y Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; msasamarin@gmail.com (Correspondencia*); marcovf.09@gmail.com; earevalobio@gmail.com
2. Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; fbonillamurillo@gmail.com; felotriana19@gmail.com; sofy2894@gmail.com
3. Organización para Estudios Tropicales, Guanacaste, Costa Rica; gatisgordis@gmail.com; wagner.lopez@tropicalstudies.org
5. Geoconsultores STL, San José, Costa Rica; ayarakaroja@gmail.com; ronney98@gmail.com
6. University of Florida Herbarium, Florida Museum of Natural History, and Department of Biology, Gainesville, Florida 32611, USA; gaiadendron.jej@gmail.com
7. Research Associate, Herbario Luis A. Fournier Origgí (USJ), Centro de Investigación en Biodiversidad y Ecología Tropical, Universidad de Costa Rica, Apdo. 11501-2060, San José, Costa Rica.
8. Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 6–8, D-14195 Berlin, Germany.
9. Jardín Botánico Lankester, Universidad de Costa Rica, Apdo. 302–7050, Cartago, Costa Rica.
10. Southern Illinois University, Carbondale, IL 62901, USA.

Recibido 20-IX-2022. Corregido 07-XI-2022. Aceptado 15-XII-2022.

ABSTRACT

Environmental compensation for the segregation and use of an area within a wildlife refuge: a case study using opportunity cost.

Introduction: The establishment of the Las Tablillas Border Post implies the segregation of 12.12 ha within the National Wildlife Refuge Border Corridor (RNVSCF) in northern Costa Rica. The site has a long land use history, so its environment is highly degraded. This case can be studied from the opportunity cost, which refers to the amount of the alternative given up when making an economic decision.

Objective: In this paper, we use this precept to assess the compensation for losses in habitat structure and biodiversity if succession dynamics within a protected wilderness area were interrupted.



Methods: To find the net gain in compensation required by this segregation, we analyzed the diversity and composition of nearby forest cover to forecast the environment that would be lost if its conservation objectives were interrupted (opportunity cost). Compensating for these losses requires an equivalent environment, so we selected two properties, among the 27 investigated, that shared forest cover, are located adjacent to the RNVSCF, are registered, and possess other attributes favorable to the design of reserves. The two selected properties and the Las Tablillas site were characterized at the level of geological and hydrological attributes and the composition of indicator groups.

Results: Both properties are physically and biologically favorable for the exchange. It would increase the area of the RNVSCF by more than 100 ha of an environment with better coverage, more diversity, and a better connection to other forest masses than the one observed in the segregation site, which is an advantage to the conservation objective of the refuge.

Conclusion: In this case, the opportunity cost favored the environmental gain for the offset proposal and could be used to evaluate other compensation involving sensitive or protected environments.

Key words: Las Tablillas, environmental offsets, impact study, ecological equivalence, protected area, SINAC.

RESUMEN

Introducción: El establecimiento del Puesto Fronterizo Las Tablillas implica la segregación de 12.12 ha del Refugio Nacional de Vida Silvestre Corredor Fronterizo (RNVSCF), en el norte de Costa Rica. El sitio tiene una larga historia de uso de la tierra y su entorno natural está muy degradado. Este es un caso que se puede abordar desde el coste de oportunidad que se refiere al valor de la alternativa a la que se renuncia al tomar una decisión económica.

Objetivo: En este artículo, usamos este precepto para evaluar la compensación por pérdidas en la estructura del hábitat y la biodiversidad si se interrumpiera la dinámica de sucesión dentro de un área silvestre protegida.

Métodos: Para encontrar la ganancia neta en compensación requerida por dicha segregación, analizamos la diversidad y composición de la cobertura forestal cercana para pronosticar el ambiente que se perdería si se interrumpieran sus objetivos de conservación (costo de oportunidad). Compensar estas pérdidas requiere un ambiente equivalente, por lo que seleccionamos dos propiedades, entre 27 investigadas adyacentes al RNVSCF, que comparten cobertura forestal, están registradas legalmente y poseen atributos ambientales favorables para el diseño de reservas. Las dos propiedades seleccionadas y el sitio Las Tablillas fueron caracterizados a nivel de atributos geológicos e hidrológicos y de composición biológica de grupos indicadores.

Resultados: Ambas propiedades son física y biológicamente favorables para el intercambio. La escogencia de cualquiera aumentaría el área del RNVSCF en más de 100 ha de un ambiente con mejor cobertura, más diversidad y mejor conexión con otras masas forestales que el observado en el sitio de segregación. Esto es una ventaja para el objetivo de conservación del refugio.

Conclusión: En este caso, el coste de oportunidad favoreció la ganancia ambiental para la propuesta de compensación y podría ser utilizado para evaluar otras compensaciones que involucren ambientes sensibles o protegidos.

Palabras clave: Las Tablillas, compensación ambiental, estudio de impacto ambiental, equivalencia ecológica, área protegida, SINAC.

INTRODUCCIÓN

La gestión ambiental de proyectos de infraestructura supone un abordaje integral enfocado en entender y minimizar los impactos que estos pueden ejercer sobre el medio ambiente y su biodiversidad (Aiyama et al., 2015, Cowell, 1997; ten-Kate et al., 2004). En ese contexto, la compensación ambiental es considerada una última medida para garantizar la “no-pérdida-neta ambiental” (ten-Kate &

Crowe, 2014), es decir la no reducción global en el tipo, cantidad o condición de la biodiversidad en el espacio y el tiempo (Business and Biodiversity Offsets Programme, 2012a). La compensación es planteada como una forma de resarcir por impactos que no pueden ser evitados o mitigados (Quétier & Lavorel, 2011) y puede llevarse a cabo de distintas maneras (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017; Castro-Calle, 2018; López-Arbeláez & Quintero-Sagre, 2015). El reemplazo del área impactada

por un área ambientalmente equivalente, la sustitución por terrenos de importancia en conservación a través de bancos de biodiversidad, y el pago de un monto económico al Estado o a un tercero suelen ser las medidas más frecuentemente empleadas (Murcia et al., 2017).

Cuando los impactos inevitables afectan elementos de la biodiversidad únicos, ambientes irremplazables, o sitios de interés patrimonial o de conservación, la alternativa de compensación debe ser analizada muy cuidadosamente y las decisiones a tomar deben sopesar los distintos resultados posibles (Business and Biodiversity Offsets Programme, 2012a). En esos casos, se debe determinar si el proyecto amerita desarrollarse, asumiendo medidas de compensación satisfactorias, o no realizarse, asumiendo los costos sociales y económicos que resulten de esa disposición. En economía, un fallo análogo se conoce como coste de oportunidad y se define como el valor de la mejor opción que no se ha realizado (González-Díaz, 2000; Pearce & Markandya, 1987), es decir, las oportunidades no aprovechadas en función del mejor uso de los recursos económicos disponibles (Diniz et al., 2019). El coste de oportunidad sirve para determinar qué recursos se pierden o se dejan de percibir al tomar una decisión económica, de modo que es una magnitud usada para predecir los costos de una inversión u otra y sobre ello tomar la mejor decisión (Cienfuegos & Medina, 2021; Marín-Cortez, 2017).

En el contexto ecológico, generalmente el concepto de coste de oportunidad ha sido empleado para evaluar los ingresos económicos que se dejan de percibir debido a las restricciones que medidas de protección ambiental imponen sobre proyectos de desarrollo o sobre el consumo de recursos naturales (Diniz et al., 2019, May et al., 2013, Naidoo et al., 2006). En cambio, se podría usar esa noción para contrastar entre los posibles resultados de un canje y determinar ganancias en términos ambientales (Cowell, 1997). Implementar el coste de oportunidad como estrategia en el análisis ambiental puede ser particularmente beneficioso en el caso de evaluaciones de compensación

sobre ambientes dinámicos únicos, o sobre áreas silvestres protegidas (ASP) que deben cumplir objetivos de conservación del patrimonio natural a largo plazo. En este trabajo presentamos un estudio de caso que involucra el uso de coste de oportunidad para evaluar compensación ambiental sobre una porción de un área silvestre protegida que sería segregada para establecer un puesto aduanal y migratorio en el norte de Costa Rica. Además, se describe el procedimiento utilizado en la búsqueda de medidas resarcitorias satisfactorias para la pérdida que supondría dicha separación para esa área protegida.

Antecedentes de la segregación

En 1994 la franja estatal inalienable de 2 km de ancho a lo largo de toda la frontera terrestre con Nicaragua es decretada como Refugio Nacional de Vida Silvestre Corredor Fronterizo Norte (RNVSCFN, Fig. 1), como parte de un acuerdo sobre Áreas Protegidas Fronterizas suscrito por los Gobiernos de las Repúblicas de Costa Rica y Nicaragua el 15 de diciembre de 1990 (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, 1990). Este refugio pretende proteger los recursos naturales, tanto bióticos como abióticos, a lo largo de la línea fronteriza y desde entonces ha sido administrado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Decreto N° 22962-MIRENEM, 1994). La designación de esos terrenos como área silvestre protegida (ASP) no estuvo exenta de conflictos debido a que en la franja existen comunidades que desarrollan diversas actividades productivas, principalmente pecuarias, agrícolas y comerciales, que atentan contra las dinámicas ecológicas y los objetivos de conservación del refugio (Vásquez, 2009).

Ante la imperiosa necesidad de regular flujos migratorios y el mejoramiento de la conexión comercial desde y hacia Centroamérica (Ramírez-Brenes & Ulate-Hernández, 2015), el paso en Las Tablillas, ubicado en la sección del RNVSCFN en el cantón de los Chiles, fue identificado como un sitio de importancia estratégica para el país. Con esta justificación,



en 2010 se firma la Ley N°8803 “*Ley para Regular la Creación y el Desarrollo del Puesto Fronterizo Las Tablillas*” que propone segregar 12.12 ha del RNVSCFN con el fin de establecer dicho puesto aduanal y migratorio en ese lugar. Esa extensión y su ubicación derivaron de una recomendación realizada por un equipo multidisciplinario del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sistema Nacional de Áreas de Conservación [Comisión Caso Tablillas], 2007). En 2014, se establece el puesto aduanal Las Tablillas a partir de infraestructura temporal e inicia su operación por parte del Ministerio de Comercio Exterior de Costa Rica.

En el año 2015, una acción de inconstitucionalidad fue presentada ante la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia, solicitando derogar la Ley N°8803 y su reglamento. El argumento para dicha solicitud es que la segregación y el cambio de uso del terreno en Las Tablillas suponen una violación a los objetivos ambientales del RNVSCFN y que la aprobación de la Ley N°8803 careció del estudio técnico que justificara la segregación de esta área y la compensación necesaria para no reducir el área total del refugio. De esta manera, se viola el artículo 50 de la Constitución Política (1949), el principio precautorio, de irreductibilidad del bosque y de no regresión de un área silvestre protegida, normados en el país. La Sala Constitucional declara con lugar la acción interpuesta e impugna toda la citada ley y su reglamentación en 2019, instando además a la Asamblea Legislativa a aprobar una nueva ley que permitiera crear y regular el puesto fronterizo Las Tablillas que se fundamentara en estudios técnicos completos e incorporara medidas de compensación ecológica que resarcieran por el sitio potencial a segregar. Para realizar esos estudios, el Ministerio de Comercio Exterior (COMEX) conviene con la Organización para Estudios Tropicales (OET) iniciar el análisis titulado “*Establecimiento de la línea base de biodiversidad para la segregación de un área dentro del Refugio de Vida Silvestre Corredor Fronterizo Costa Rica-Nicaragua y su compensación ambiental*”, cuyos resultados se exponen en el presente trabajo.

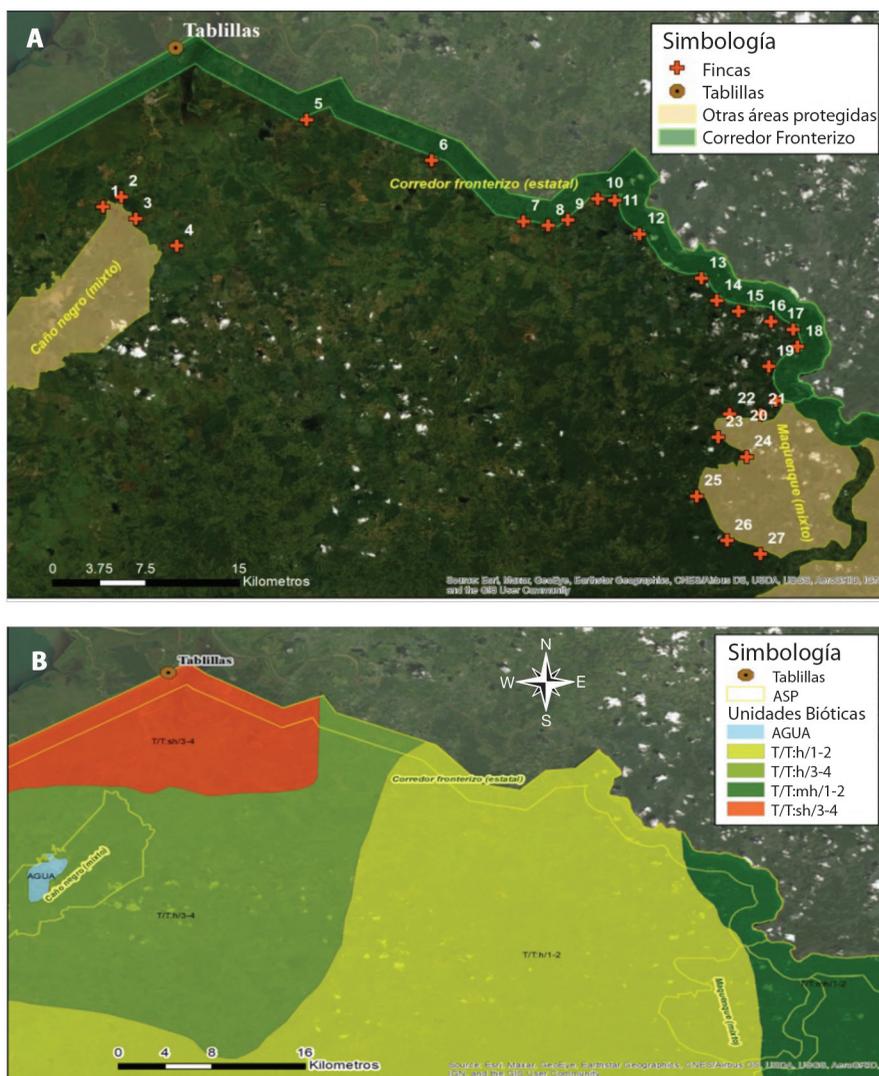
Este estudio tuvo dos objetivos: 1. caracterizar el sitio de segregación en Las Tablillas, y 2. identificar propiedades adyacentes al RVS-CFN, o a alguna de las áreas silvestres protegidas de la región, que pudieran ser empleados como zonas de reemplazo en caso de autorizarse la segregación. Para el primer objetivo, se realizó un análisis de los atributos geológicos e hidrogeológicos, así como de estructura de hábitat y se caracterizó la composición biológica de grupos indicadores en la zona que sería segregada del RNVSCFN. La caracterización incluye una valoración del coste de oportunidad ambiental en Las Tablillas, esto es, la pérdida ambiental por interrumpir el proceso de regeneración en el sitio a segregar. Para cumplir el segundo objetivo, se partió de una serie de criterios ambientales y de manejo de reservas para identificar propiedades y se evaluó su potencial para resarcir las pérdidas por la segregación en Las Tablillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Región de estudio y períodos de muestreo

La región de estudio abarca los distritos de Los Chiles, Pocosol y Cutris, Alajuela, Costa Rica, específicamente entre las coordenadas 11.015853° N, -84.792065° O; y 10.806285° N, -84.787558° O en el oeste y 10.883921° N, -84.238729° O, y 10.705424° y -84.285891° en el este (Fig. 1A). La región está dominada por tres unidades bióticas: Tropical Suhhmedo-Humedo, Tropical Húmedo, Tropical Muy Húmedo (Herrera & Gómez, 1993; Fig. 1B). Cuatro áreas silvestres protegidas se localizan en la región: Refugio Nacional de Vida Silvestre Corredor Fronterizo (RNVSCFN, en parte), Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Caño Negro, Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Maquenque y la Reserva forestal El Jardín (<http://www.sinac.go.cr/>), todas administradas por el Área de Conservación Arenal Huetar Norte (ACAHN-SINAC).

El sitio por segregar en Las Tablillas (12.12 ha) se ubica dentro del RNVSCFN entre las



coordenadas 11°04'30.58" N y 84°41'43.50" O (Fig. 1A). La región recibe una precipitación media anual entre los 2000-3000 mm/año, una temperatura media ambiental mayor a 28°C, una evapotranspiración anual estimada entre los 1100 – 1200 mm/año (IMN, 2014) y una marcada estación seca que se extiende hasta por 4 meses (Herrera & Gómez, 1993). La cobertura vegetal está compuesta principalmente por

estadios de sucesión temprana (charral-tacotal) que resulta de tierras agrícolas y ganaderas abandonadas, intercaladas por pequeños fragmentos de bosque (Fig. 2).

El trabajo de campo se realizó a lo largo de un año, entre febrero 2020 y febrero 2021, en el sitio de segregación en Las Tablillas y sus alrededores (Tabla 1), así como en las distintas localidades identificadas como potenciales

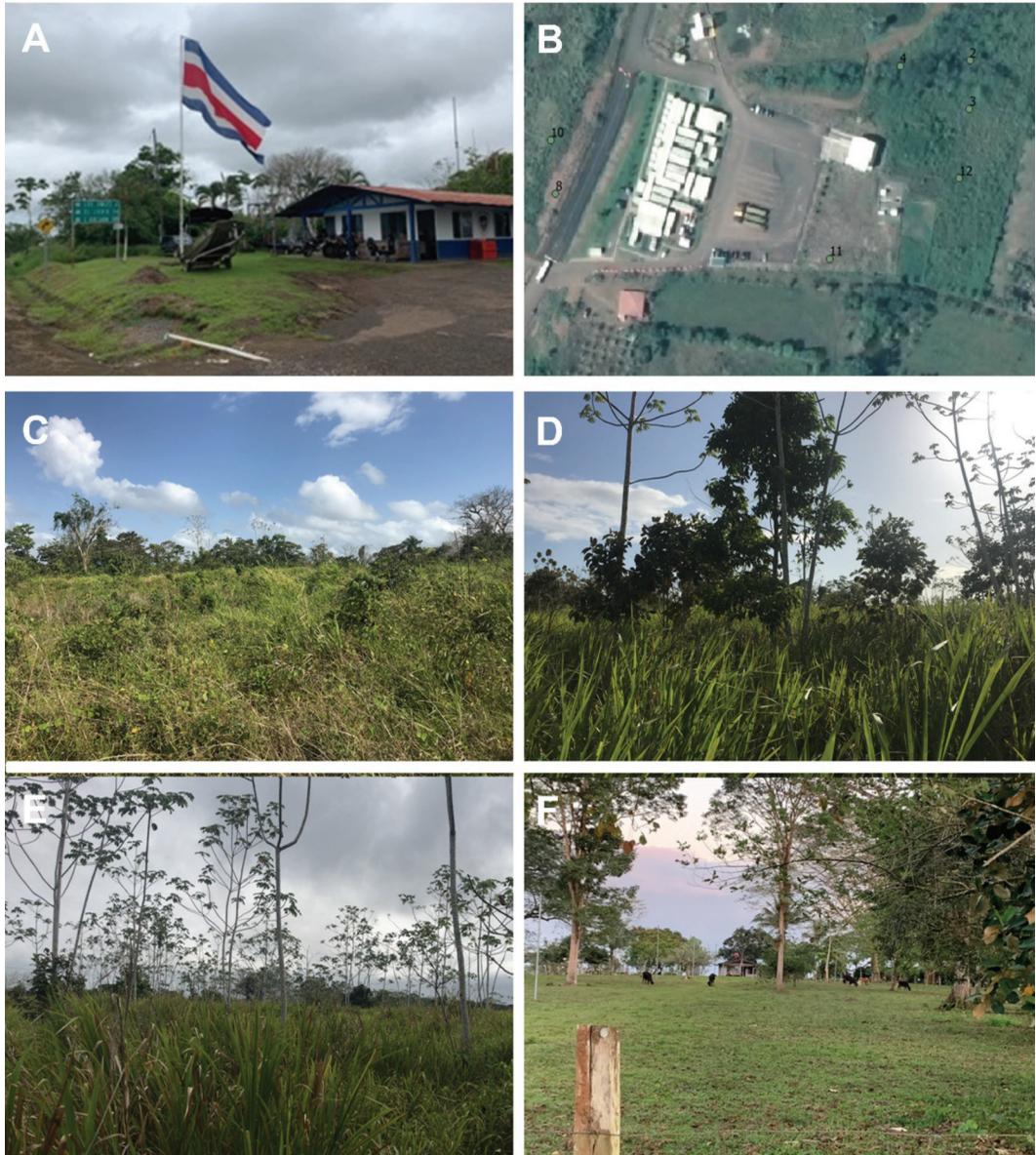


Fig. 2. Sitio potencial de segregación en Las Tablillas. A) Puesto de vigilancia. B) Huella de edificios del puesto fronterizo temporal presente al inicio de este estudio. C-D) Coberturas de vegetación en el sitio. / **Fig. 2.** The potential site to be segregated in Las Tablillas. A) Surveillance post. B) Building footprint of the temporary border post present at the beginning of this study. C-D) Vegetation coverage on the site.

sitios de compensación en la región. Los permisos correspondientes de investigación fueron otorgados por el ACAHN-SINAC (resolución R-SINAC-PNI-ACAHN-11-2020).

2.2 Coste de oportunidad del ambiente en sitio de segregación

Los fragmentos de bosques cercanos funcionan como áreas núcleo con plantas madre que pueden colaborar en la colonización del estado sucesional temprano observado en el sitio segregado en Las Tablillas. Las áreas de sucesión temprana son usualmente reemplazadas por crecimientos boscosos con mayor estructura y complejidad de estratos en ausencia de perturbaciones antrópicas (Guariguata & Ostertag, 2001; Schlawin & Zahawi, 2008). La recuperación hacia coberturas boscosas es una constante en proyectos de restauración de ambientes terrestres (Quintana-Ascencio et al., 1996), por lo que se esperaría que el ambiente natural del sector segregado en Las Tablillas eventualmente regenere en una cobertura boscosa de mantenerse la actual categoría de protección.

En consecuencia, separar esa porción del RNVSCFN en Las Tablillas para un uso diferente al de conservación conlleva una pérdida de oportunidad de obtener un ambiente más estratificado y diverso en el lugar. Cualquier medida compensatoria encaminada a resarcir las pérdidas a nivel ambiental debe contemplar ese coste de oportunidad (i.e., prescindir de la cobertura forestal y los elementos de biodiversidad que se establecerían conforme continúa la dinámica de sucesión de la cobertura vegetal).

Se argumenta entonces que el análisis de las pérdidas que implica el segregar el área focal debe contemplar tanto una evaluación de los elementos en su actual cobertura como de los elementos proyectados que se perderían al interrumpirse la protección en el sitio. Por ello, nuestros muestreos se enfocaron en la cobertura de charral-tacotal del sitio a segregar, así como en los fragmentos boscosos cercanos (Tabla 1), como una aproximación a la estructura y diversidad que tendría el área segregada de continuarse bajo la categoría de refugio de vida silvestre.

2.3 Análisis temporal del uso del suelo en el sitio de segregación

Con el fin de evaluar los cambios en la cobertura natural y los usos de suelo en el sitio de segregación en Las Tablillas, se realizó una reconstrucción a partir de análisis de imágenes históricas y la reconfirmación en el campo de la imagen del 2020. La reconstrucción fue delimitada al área que incluye el sitio de segregación y su acceso a partir de la carretera Ruta Nacional N°35 desde Los Chiles y comprende el límite de los humedales del Río Frio y Río Medio Queso, incorporando además la franja evaluada por SINAC para establecer el sitio de potencial segregación (Comisión Caso Tablillas, 2007).

El período para la reconstrucción fue del año 1961 al 2020 y estuvo limitado por la disponibilidad de imágenes pertinentes al área de estudio. Se utilizaron fotografías aéreas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) e imágenes satelitales de la empresa Geospatial

TABLA 1

Sitios de muestreo para la caracterización biótica en Las Tablillas. El sitio 1 corresponde al sitio a segregar para mantener el puesto fronterizo. Los sitios 2 al 4 son fragmentos boscosos cercanos empleados en el análisis de coste de oportunidad. / **Table 1.** Sampling sites for biotic characterization at Las Tablillas. Site 1 corresponds to the location to be segregated to maintain the border post. Sites 2 to 4 are nearby forest fragments used in the opportunity cost analysis.

Sitio	Coordenadas	Ambiente	Ubicación
1	11°04'30.5"N, 84°41'43.5"W	Charral-Tacotal	Las Tablillas
2	11°03'40.5"N, 84°41'39.7"W	Bosque	Las Tablillas
3	10°59'55.3"N, 84°41'23.8"W	Bosque	Los Chiles
4	10°59'09.5"N, 84°41'37.9"W	Bosque	Los Chiles



Innovations (GeoInn). Las fotografías adquiridas por medio del IGN corresponden a los años 1961 (Proyecto 55AM73, rollo 139, línea 69C, foto 5183, escala 1:60000), 1987 (Proyecto Stamp, rollo 5, línea 342, foto 427, escala 1:35000) y 1994 (Proyecto Frontera Norte, rollo 282, línea 3, foto 52335, escala 1:20000). Las imágenes satelitales de la empresa GeoInn corresponden a los años 2008 (Imagen de Satélite QuickBird, Sector Tablillas, resolución espacial: 0.6 m) y 2020 (Imagen de Satélite WorldView-2, Sector Tablillas, resolución espacial: 0.4 m). Las fotografías no contaban con un sistema de coordenadas definido, de modo que fueron georreferenciadas. El uso de la tierra en cada periodo (escala 1:10000) fue digitalizado, definiéndose las siguientes categorías: bosque, humedal, humedal-pasto, pasto, urbano, cultivo, nube (en casos donde no era posible catalogar el uso de la tierra debido a la presencia de nubes) y sin datos (en casos donde no se tenía información disponible en la fotografía). En la reconstrucción del año 2020 se incluyó el área que fue segregada para el puesto fronterizo Las Tablillas. Para cada categoría de uso se calculó el área superficial, el porcentaje de pérdida o ganancia en cada tipo de uso en los periodos 1961–2008 y 2008–2020 y un porcentaje de cambio total 1961–2020, empleando para ello el software ArcGIS v. 10.1 (CESRI, 2011).

2.4 Identificación y selección de potenciales sitios de compensación

La pérdida que supone la segregación de un área dentro del RNVSCFN sería compensada con la sustitución de un área ecológicamente equivalente o que asegure una ganancia ambiental. Por ello, se identificaron propiedades que pudieran ser anexadas a alguna de las áreas silvestres protegidas ya existentes en la región de estudio y que maximizaran las ganancias en términos de protección ambiental. Para la identificación de dichas propiedades y la selección de aquella a emplear como compensación se siguió el procedimiento descrito en el Apéndice I. Brevemente, primero se estimó

cual sería el área mínima para compensar por el ambiente perdido con la segregación en Las Tablillas, tomando en cuenta el costo de oportunidad antes detallado. Seguidamente, se identificaron sitios adyacentes a las áreas protegidas de la región que contaran con cobertura boscosa y se buscó información sobre la tenencia de tierra y el estado catastral de las propiedades en esos lugares. A partir del análisis de una serie de atributos basados en teoría de diseño de reservas se seleccionaron las dos propiedades con el mayor potencial de compensación para analizarlas más detalladamente a nivel físico y biológico.

Estimación de área mínima. El área mínima requerida para compensar por el ambiente que se dejaría de proteger al segregar el sitio en Las Tablillas fue estimada a partir de una modificación del “Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad” (Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible [MADS], 2012). Este es un algoritmo empleado para calcular el área mínima a compensar a partir del producto entre el área segregada por la sumatoria de cuatro factores de compensación parciales: 1) Representatividad: qué tan representado está el ecosistema en el sitio de segregación en la red de áreas silvestres protegidas; 2) Rareza: qué tan raro es el ecosistema presente en el sitio de segregación en relación a otros presentes en el país; 3) Permanencia: el porcentaje remanente del ecosistema en el sitio de segregación; y 4) Potencial de transformación: la pérdida anual de cobertura natural del ecosistema presente en el sitio de segregación. Estos cuatro factores fueron ponderados según una escala que provee valores altos a requerimientos mayores de conservación (Apéndice I). La estimación de A_c fue empleada como uno de los criterios para la selección del potencial sitio de compensación, y no debe ser interpretada como un cálculo directo del área que debe emplearse para resarcir las pérdidas por segregación.

Selección de propiedades para la compensación. Se identificaron sitios de interés

para la potencial compensación dentro de la región de estudio mediante Sistemas de Información Geográfica. El análisis se realizó sobre imágenes satelitales (Google Earth y Bing Map), la capa de cobertura de bosque y uso de la tierra (Ortiz-Malavasi, 2014) y los registros de propiedades en las municipalidades de Los Chiles y San Carlos. Se identificaron propiedades con cobertura boscosa que se localizaran adyacentes a alguna de las áreas silvestres protegidas dentro de la región de estudio, siguiendo los criterios indicados en el Apéndice I. Aquellas propiedades que efectivamente estuvieran inscritas en el Registro Civil y cuyos planos no traslaparan o estuviera dentro del perímetro del ASP adyacente fueron seleccionadas, verificándose en el campo sus coberturas vegetales y calidad de hábitat. El potencial de compensación de cada una de esas propiedades fue evaluado y ponderado a partir de una serie de atributos indicados en la Tabla A5 (Apéndice I). Las dos propiedades que alcanzaron la mayor calificación preliminar fueron seleccionadas con el fin de someterlas a una caracterización biológica y geológica profunda. La propiedad que reunía las mejores condiciones para ser anexado al área protegida correspondiente fue seleccionada como compensación por la segregación en Las Tablillas (Apéndice I).

2.5 Caracterización geológica e hidrológica

Se determinaron los atributos geológicos y las descripciones hidrológicas del sitio para segregar y de las dos propiedades potenciales de compensación seleccionadas, empleando el Mapa Geológico de Costa Rica (Denyer & Alvarado, 2007) y el Mapa Geomorfológico de Costa Rica (Ortiz-Malavasi, 2014). La hidrología local fue caracterizada a partir de la descripción del factor hidrogeológico, la determinación del nivel freático y el espesor de la zona saturada y no saturada empleando sondeos verticales (SEV) y la identificación de pozos y aguas subterráneas. Para establecer el nivel freático, se utilizó un probador de

resistencia de tierra digital (*Model 463*, AEMC Instruments) siguiendo la metodología de Schlumberger (Mendoza-Veirana et al., 2022).

La caracterización edafológica se realizó a partir de muestras de suelos tomadas a 15 cm de profundidad y empleando un barreno de 10 cm de diámetro en los tres sitios especificados. El análisis granulométrico se realizó en el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR) y se basó en el método del Hidrómetro de Bouyoucos (Nuñez-Solis, 2000). Los iones se extrajeron con el método KCl-Olsen modificado (pH 8.5; [NaHCO₃ 0,5 dadesN, EDTA 0.01M, Superfloc 127] 1:10), mientras que la acidez se determinó por valoración con NaOH y Al con HCl. La determinación de los elementos P y S se dio por colorimetría con un Analizador de Inyección de Flujo (FIA); los elementos C y N por combustión seca por Autoanalizador y Conductividad Eléctrica (CE) en agua y el resto de los elementos (Ca, Mg, K, Zn, Cu, Fe, Mn) por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

2.6 Caracterización de flora y cobertura vegetal

Composición y riqueza de especies. Se establecieron 90 parcelas de 400 m² siguiendo el diseño de muestreo anidado descrito en Bonilla, Oviedo-Brenes et al. (2022). Las parcelas se ubicaron en cada sitio de estudio empleando afijación proporcional. Todas las plantas leñosas con DAP > 5 cm fueron identificadas a categoría de especie o género y sus diámetros y alturas registrados. Además, se identificó y estimó cobertura de herbáceas y plántulas en cinco cuadrículas de 1 m² anidadas dentro de cada parcela. Especímenes testigo fueron depositados en el Herbario Luis Fournier (USJ) del Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical (CIBET) de la UCR. Para cada especie se revisó su estatus de conservación usando las bases de datos: Convención sobre el Comercio Internacional Especies Amenazadas (CITES, s.f.), Categorías de conservación de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 (1992), Lista Roja



de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2001).

Estructura del hábitat. En cada parcela de vegetación se determinó la estructura de hábitat a partir de los indicadores: árboles dominantes del dosel (DAP > 40 cm), cobertura del dosel, biomasa en pie, reclutamiento, profundidad de la hojarasca en mantillo y troncos caídos (ver Bonilla, Oviedo-Brenes et al., 2022, en este suplemento). Se determinó el número de árboles por parcela y se estimó el área basal, la cual corresponde a la proporción de una superficie determinada que es ocupada por la sección transversal de la base de un árbol o rodal. El área basal se empleó como una aproximación a la densidad y biomasa (Rojas-Chaves et al., 2015). El indicador de biomasa en pie cuantificó el aporte de clases diamétricas menores a las de los árboles dominantes y el aporte de arbustos.

2.7 Caracterización de fauna

Diversidad de aves. Los muestreos de avifauna se realizaron por medio del método de conteo a lo largo de caminos y trillos, tanto dentro como en el perímetro del sitio de segregación y las dos propiedades de potencial compensación seleccionadas. Las aves se detectaron e identificaron por medio de avistamientos y vocalizaciones en un rango de 30 m en áreas de bosque y 50 m en áreas abiertas; realizando los recorridos entre 5:30–10:00 am, 3:00–5:30 pm y 8:00–10:00 pm. La longitud de los recorridos fue variable debido a la accesibilidad de los sitios, por lo que se registró el tiempo y la distancia recorrida, las coordenadas de la ruta y cada una de las especies detectadas de forma simultánea mediante la aplicación eBird de la Universidad de Cornell (Sullivan et al., 2009). Los muestreos de avifauna realizados se registraron dentro de la aplicación eBird (Registros disponibles en <https://ebird.org/region/CR?yr=all>). Para tener un parámetro de riqueza de especies en el sitio de impacto, se utilizó la base de datos de eBird para un punto

ubicado dentro del radio de 1 km en el área designada para la segregación (11.0674069, -84.701039 – 28/03/2019, un solo observador, 60 minutos de muestreo).

Diversidad de herpetofauna. La composición de anfibios y reptiles fue determinada a partir de encuentros visuales en transectos de 800 m, establecidos en los tres sitios de estudio. La búsqueda se realizó tanto en el mantillo como en el primer estrato del sotobosque, aproximadamente hasta los 4 metros de altura. Se alternaron búsquedas diurnas y nocturnas, empleando como unidad de muestreo el número de horas-persona (h/p) de búsqueda, fijado en al menos 8 h/p por muestreo. Esta técnica permite dirigir la búsqueda a lugares de mayor probabilidad de encuentro, y ha sido empleada con éxito para determinar la composición de especies de herpetofauna en otros bosques estacionales (Sasa & Solórzano, 1995).

Con el fin de establecer prioridades de conservación en especies de anfibios y reptiles, se emplearon dos índices. El primero fue el *Índice de Vulnerabilidad Ambiental* (EVS por sus siglas en inglés, [Sasa et al., 2010]). Además, se emplearon los criterios del nivel de amenaza que han sido propuestos por la IUCN (www.iucnredlist.org). Para determinar el nivel de prioridad en conservación se empleó el nivel de amenaza IUCN y el índice de vulnerabilidad ambiental de las especies en cada comunidad siguiendo los criterios empleados en Sasa et al. (2022).

2.8 Análisis de diversidad

Para los grupos taxonómicos empleados como indicadores se estimó la riqueza de especies y el índice de diversidad de Shannon (García-Morales et al., 2011). Gotelli & Colwell (2011) indican que la mayoría de los índices de diversidad son sensibles al número de individuos recolectados, lo que dificulta la comparación de la diversidad de especies en colecciones de diferentes tamaños. Como solución se controlaron las posibles diferencias en abundancia por medio del método de

rarefacción implementado en EcoSimR 1.00 (Gotelli & Ellison, 2013) y se construyeron curvas acumulativas de los valores de índices de diversidad para compararlos. Finalmente, para determinar el nivel de similitud entre las comunidades estudiadas, se empleó el índice de Sorensen (Gotelli & Colwell, 2011).

RESULTADOS

Nuestras visitas al sitio de segregación en Las Tablillas evidenciaron la existencia de un puesto fronterizo habilitado con construcciones temporales y una infraestructura vial integrada por la carretera asfaltada Ruta Nacional 35 y caminos lastreados de acceso. La huella de las construcciones en el lugar fue estimada en 2.8 ha, mientras que el resto del área corresponde a una zona abierta cubierta con vegetación de charral-tacotal (Fig. 2). Además, otros tres usos del suelo son evidentes en la región: 1) Pastizales activos o recientemente abandonados por actividad ganadera, principalmente distribuidos hacia el este del sitio de segregación en dirección a la margen del río Medio Queso. 2) Otras construcciones, incluyendo una terminal de autobuses y viviendas fuera del área de segregación. 3) Fragmentos de bosque, dispersos en el paisaje aledaño al sitio de segregación.

3.1 Análisis temporal del uso de suelo en Las Tablillas

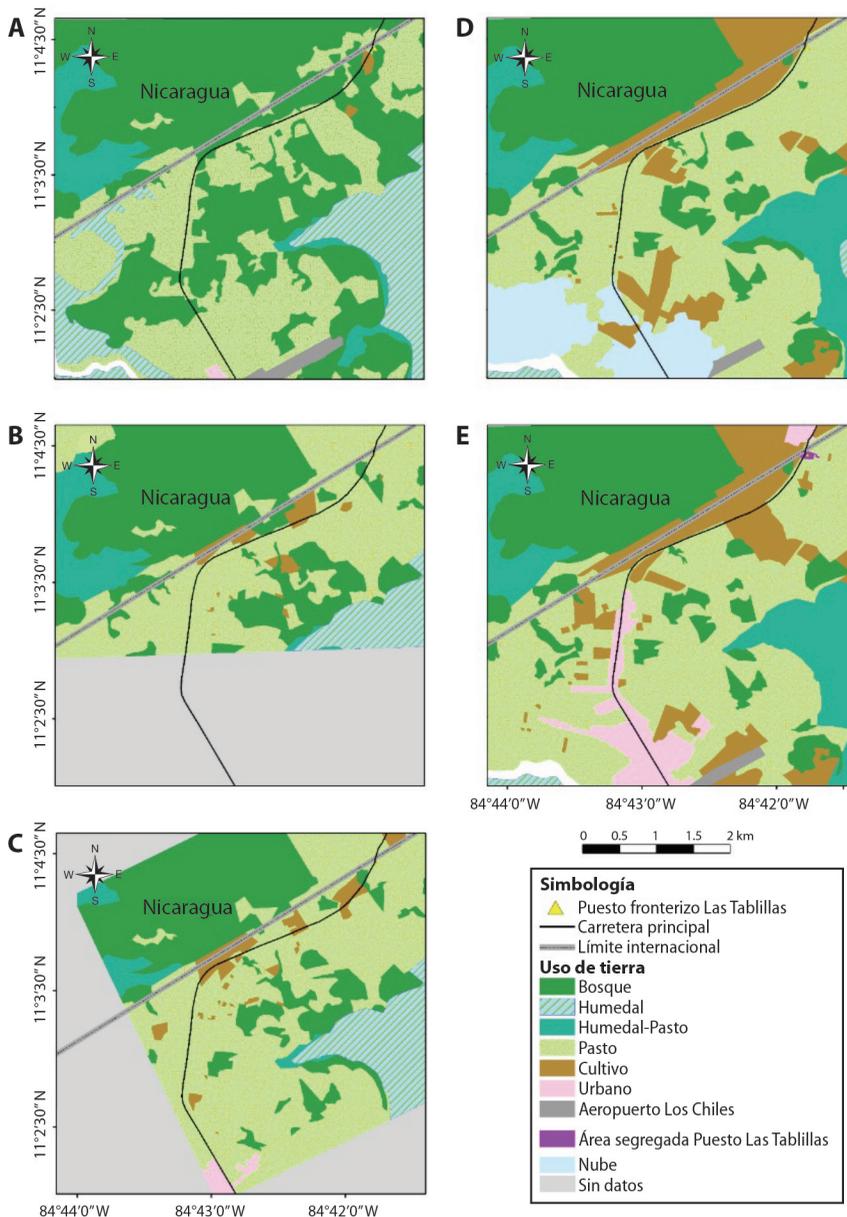
Los análisis de imágenes históricas y el estimado de áreas de cada cobertura nos permitió identificar que para inicios de la década de 1960 se cuantificaban unas 531 ha de bosque continuo en esa región, representando cerca del 50 % de sustitución de esa cobertura por pastizales, principalmente en territorio costarricense. La actividad agrícola era incipiente y se limitaba a pocas hectáreas para productos de subsistencia (Fig. 3A). Entre 1987 y 1994 se evidencia mayor sustitución de la cobertura forestal, con un aumento en el uso agrícola del suelo principalmente a lo largo de la ruta entre Los Chiles y Las Tablillas (Fig. 3B-C). Esa sustitución redujo la cobertura de bosque

a pequeños fragmentos que cubrían menos de 175 ha (15 % de su superficie) en el año 2008 (Fig. 3D) y a un 12 % el área superficial de la zona en el 2020 (Fig. 3E), pese a la protección que se debió brindar estatalmente por ser un área silvestre protegida. Durante el periodo evaluado los humedales también sufrieron una disminución de más del 30 % de su superficie y un uso para la ganadería cada vez más intenso.

A partir del año 2008 aumenta la superficie dedicada a cultivos agrícolas en la región (16 % de la superficie), sustituyendo principalmente áreas de pastos (Fig. 3D). Además, se incrementa la cobertura urbana a lo largo de la carretera dentro del área del RNVSCFN (Fig. 3E).

3.2 Área mínima para la compensación

Los Bosques Tropicales Subhúmedos encontrados en Las Tablillas están muy poco representados en las áreas silvestres protegidas del país y en la región de estudio. Solo una porción del RNVSCFN en el entorno de Las Tablillas y el extremo norte del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro corresponden a este tipo de vegetación (Fig. 1B), donde además están relegados a unos pocos parches boscosos. Por esta razón, la representatividad de este bioma fue catalogada como de muy alta insuficiencia, asignándosele un valor de 2.5 puntos para ese factor (Tabla A1, Apéndice I). Además, representa menos de una quinta parte de la región de estudio, por lo que fue catalogado como de distribución restringida y se le asignó un valor de 1.75 puntos (Tabla A2, Apéndice I). En cuanto al factor permanencia, es evidente que la cobertura natural remanente en Las Tablillas es menor al 10 % (Fig. 3E). La categoría seleccionada para este factor es remanencia muy baja, que corresponde a una ponderación de 3 puntos (Tabla A3, Apéndice I). Por otro lado, la tasa de sustitución de cobertura natural en la zona es baja en las últimas dos décadas (Fig. 4D-E) por lo que el potencial de transformación corresponde a valor ponderado de 1.25 puntos (Tabla A4, Apéndice I). La sumatoria de los valores asignados resulta en



8.5 puntos, el factor de compensación, por lo que el área mínima para compensar las 12.12

ha segregadas del RNVSCFN sería de al menos 103.2 ha.

3.3 Identificación de los sitios potenciales de compensación

Veintiseiete propiedades dentro de la región de estudio cumplieron con los criterios de inclusión (Fig. 1A). Cada sitio fue visitado y se compiló información sobre su cobertura y otros atributos (Tabla A6, Apéndice I). Se muestra además la ponderación asignada a cada una de ellas en termino de cuatro componentes: 1) extensión de cobertura boscosa, 2) conectividad a masas boscosas mayores, 3) Presencia de cuerpos de agua y 4) Tenencia de tierra. Dos propiedades obtuvieron la máxima calificación de 4 pts (Tabla A6, Apéndice I):

Finca N° 272045, “Tiricias”, con el plano catastro A-0091068-1993, con una extensión de 129 hectáreas, ubicada en las coordenadas 10°55’33.3” N 84°21’43.2” O a 2 km lineales del poblado de Tiricias, distrito de Pocosol (punto 12 de la Tabla A6, Apéndice I).

Finca N° 286653, “Chorreras”, con el plano catastro A-1528574-2011 con una extensión de 120 hectáreas, ubicada en las

coordenadas 10°52’30.8” N 84°15’31.5” O a 3 km del poblado de Chorreras, en el distrito de Cutris (punto 16 de la Tabla A6, Apéndice I).

Estas dos propiedades fueron analizadas más profundamente para determinar su potencial para resarcir las pérdidas de biodiversidad y atributos geológicos que supondría la segregación del terreno en Las Tablillas, evaluando además que mantuvieran coberturas y condiciones compatibles con la categoría de manejo del RNVSCFN.

3.4 Caracterización física de sitios de estudio

Sitio de segregación. Las Tablillas está conformada por una unidad geológica compuesta de depósitos sedimentarios aluviales del Cuaternario intercalados con depósitos volcánicos cuyos materiales conforman pendientes planas, con suelos Ultisoles de textura arcillosa de carácter ácido (Fig. 4). No existen riesgos geológicos eminentes, aunque hay riesgo de inundación por anegamiento hacia el sureste,

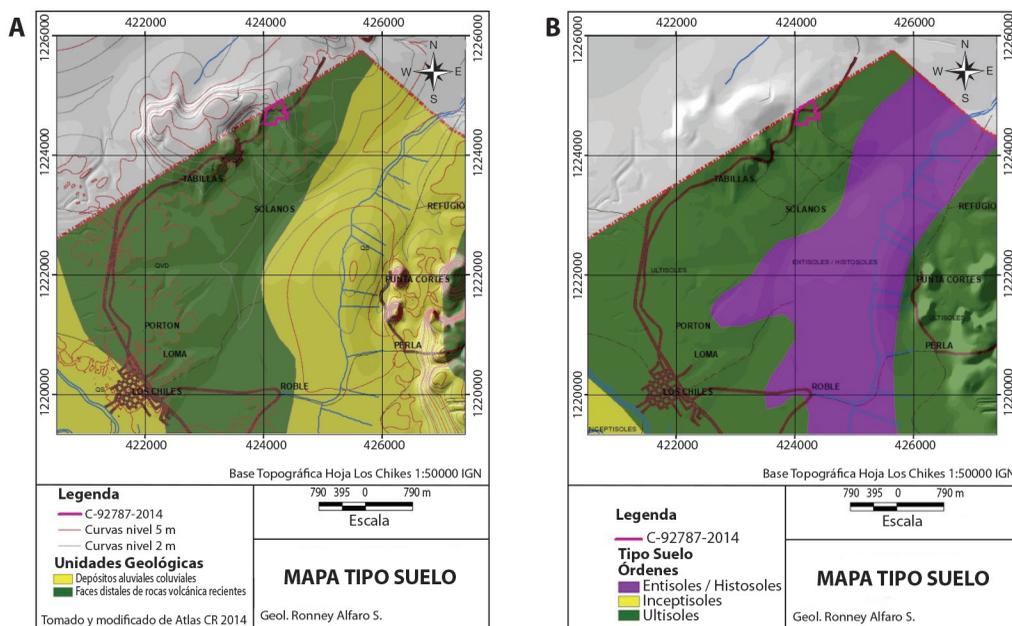


Fig. 4. A) Mapa Geológico de la región Las Tablillas, Los Chiles, Alajuela. B) Mapa tipo de suelo, región Las Tablillas, Los Chiles, Alajuela. / **Fig. 4.** A) Geological map of the Las Tablillas, Los Chiles, Alajuela region. B) Soil type map, Las Tablillas region, Los Chiles, Alajuela.

en la zona pantanosa del río Medio Queso. El área es drenada por una subcuenca que forma el río Medio Queso, que no presenta flujo permanente de agua, es un sistema fluvial bastante intervenido por actividades antropogénicas y presenta una cobertura boscosa sumamente deficiente. El análisis SEV permitió identificar presencia de agua subterránea por debajo del sitio Las Tablillas, con niveles freáticos entre los 9 a 10 m de profundidad y espesores saturados entre los 7 a 12 m (Tabla A1, Apéndice II).

Propiedad Tiricias. A nivel regional afloran materiales geológicos de origen volcánico del Mioceno, destacándose la Formación Machuca, Piroclastos Avispas, Riolitas Crucitas, Andesitas Chamorro y Basaltos Hito Sar (Gazel et al., 2005). Los Basaltos Hito Sar cubren en su totalidad la propiedad analizada y se presenta cubierta por un suelo de coloración rojizo amarillento de aproximadamente

1–2 m de espesor (Fig. 5). Por debajo de los 2 m, es común encontrar las rocas meteorizadas como se describen en Tabla A1, Apéndice II. Además, en la región predominan zonas planas con elevaciones entre los 50 – 100m, aunque destaca un cerro aislado dentro de la propiedad (Tabla A1, Apéndice II) el cual es drenado por la quebrada Sin Nombre, que es afluente del río Infiernillo. Los resultados obtenidos del SEV indican presencia de agua subterránea a una profundidad de 3.93 m.b.n.s y con un espesor húmedo de 10.86 m. Por lo tanto, la propiedad, presenta un potencial hidrogeológico importante que puede actuar como generador de descargas de aguas como manantiales.

Propiedad Chorreras. En la región de Chorreras afloran materiales de origen volcánico del Mioceno, destacándose las siguientes unidades: Formación Machuca, Riolitas Crucitas, Basaltos Hito Sar, Basaltos Jardín,

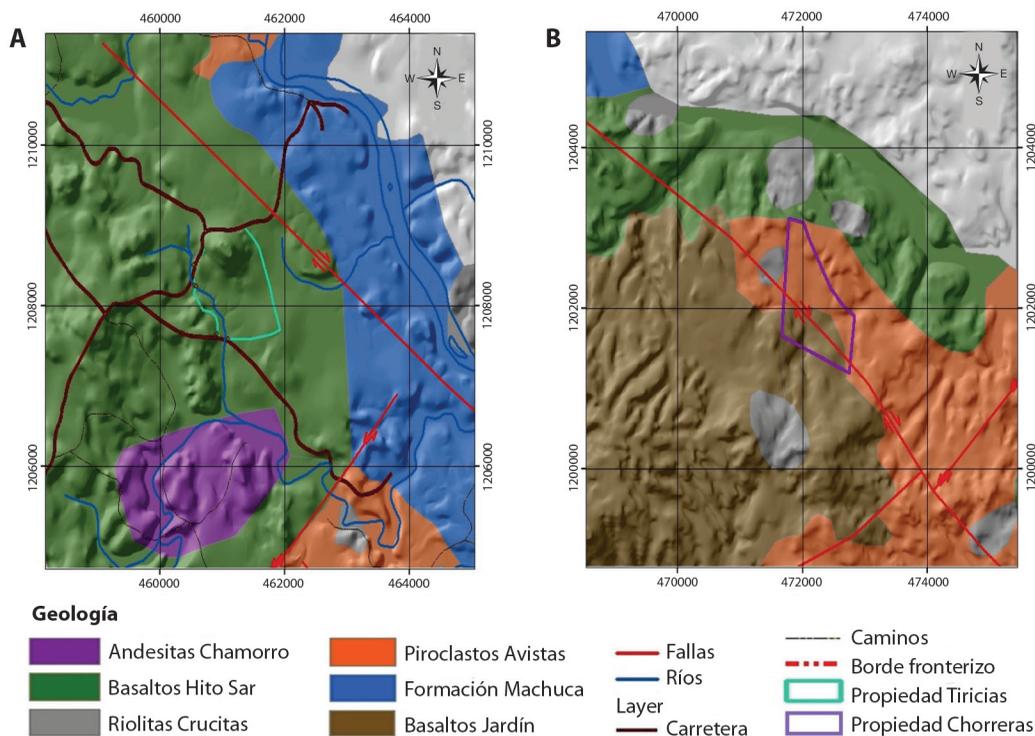


Fig. 5. A) Mapa Geológico de la región Tiricias. B) Mapa Geológico de la región Chorreras. / **Fig. 5.** A) Geological map of the Tiricias region. B) Geological map of the Chorreras region.

Piroclastos Avispas (Gazel et al., 2005). Un 60 % de la superficie de la propiedad se asienta sobre piroclastos de la unidad Avispas, y el otro 40 % corresponde a basaltos de la unidad Jardín (Fig. 5). La zona posee topografía irregular originada por las distintas rocas volcánicas intragabenas y una avanzada erosión-meteorización por parte de los procesos hídricos que han actuado a través de los años. Presentan pendientes diversas, más pronunciadas cerca de los cauces y sitios planos en las zonas bajas. El cauce principal de la quebrada Chorrera atraviesa la propiedad y forma un valle pronunciado, por lo que la zona posee bajo potencial de inundación. Nuestro análisis SEV no indica evidencia de agua subterránea en estos sectores de la finca, por lo que la propiedad no presenta un potencial hidrogeológico importante, sin descartar la presencia de acuitardos o acuíferos colgados que generan descargas de aguas como manantiales intermitentes en los contactos geológicos. Riesgos geológicos, usos del suelo y otros detalles del ambiente físico de estos sitios se presentan en la Tabla A1, Apéndice II.

3.8 Caracterización de la estructura de hábitat y composición vegetal en sitios de estudio

Estructura de hábitat. El charral-tacotal en el sitio segregado en Las Tablillas es abierto y posee poca estructura arbórea (Fig. 2). En

general, las parcelas en ese sector mostraron una menor cobertura de dosel y mayor profundidad de mantillo debido a la prevalencia de pastos, difiriendo significativamente de los otros sitios (Tabla A2, Apéndice II, cobertura: $F_{3,81} = 157.46$, $p < 0.001$; hojarasca: $F_{3,81} = 20.98$, $p < 0.001$). Existe una mayor proporción de hierbas que en los sitios boscosos estudiados ($\chi^2 = 38.80$, $gl = 9$, $p < 0.001$). Las especies dominantes fueron árboles solitarios de guanacastillo (*Enterolobium schomburgkii* Benth.), maría o lengua de vaca (*Miconia argentea* (Sw) DC.) y madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.). Estos son residentes longevos del paisaje alterado de la zona.

En contraste, los fragmentos de bosque en Las Tablillas, así como en los dos sitios de potencial compensación denotaron una mayor estructura (Tabla A2, Apéndice II). La estimación para la biomasa de árboles dominantes y no dominantes en Chorreras es ligeramente mayor que para los fragmentos de bosque en Las Tablillas y Tiricias (Fig. 6). No obstante, no hay diferencia en las proporciones de árboles, arbustos, bejucos y hierbas entre los fragmentos boscosos en Las Tablillas y los dos sitios potenciales de compensación ($\chi^2 = 5.75$, $gl = 6$, $p = 0.45$).

En el área charral-tacotal del sitio de segregación plántulas de solo cuatro especies leñosas fueron observadas, lo que indica muy bajo reclutamiento. En contraste, el reclutamiento

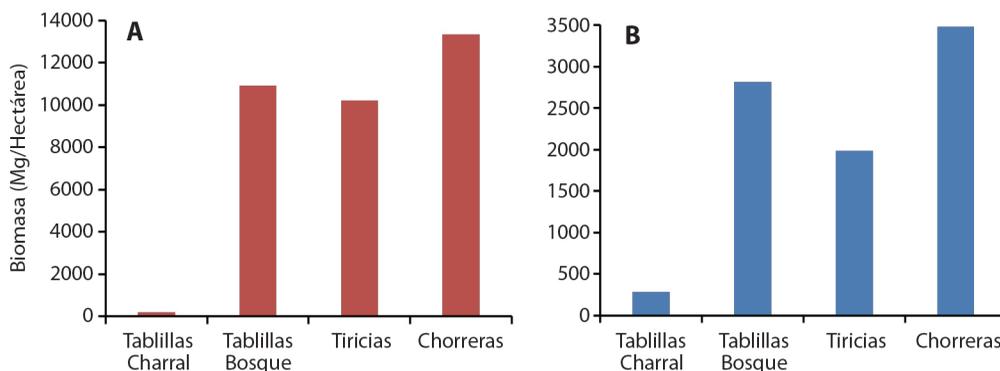


Fig. 6. Biomasa estimada de árboles por hectárea. A) Biomasa de árboles dominantes del dosel (DAP>40cm). B) Biomasa de leñosas no dominantes (DAP < 40 cm). / **Fig. 6.** Estimated biomass of trees per hectare A) Biomass of dominant trees in the canopy (DBH>40cm). B) Non-dominant woody biomass (DBH < 40 cm).

en las coberturas boscosas en Las Tablillas fue alto: plántulas de 51 especies de árboles (un 59 % de las especies observadas) fueron registradas. De igual forma, Tiricias y Chorreras mostraron alto reclutamiento de especies leñosas, con 68 y 87 especies, respectivamente (Tabla A2, Apéndice II). Los tres sitios boscosos no mostraron diferencias en la proporción de especies con plántulas (Fig. 7B, $\chi^2 = 4.48$, $gl = 2$, $p = 0.106$). No obstante, la proporción de parcelas con evidencia de reclutamiento sí difiere entre sitios, donde Chorreras muestra la mayor proporción (Fig. 7A, $\chi^2 = 14.59$, $gl = 2$, $p < 0.001$), demostrando que este sitio tiene mejor capacidad para el reclutamiento de especies leñosas.

De igual manera, la proporción de troncos difiere entre los sitios boscosos ($\chi^2 = 45.22$, $gl = 3$, $p < 0.001$), Las Tablillas y Tiricias registraron la mayor proporción. Además, Tiricias reporta la mayor proporción de parcelas con troncos caídos registrados entre las localidades, determinado por el impacto del huracán Otto en noviembre del 2016.

Diversidad y composición de flora. En el charral-tacotal del sitio de segregación se registró 61 especies de plantas en 16 parcelas, correspondiente a 28 familias y 57 géneros de plantas vasculares (Tabla A3, Apéndice II). Las especies leñosas encontradas son pioneras

típicas de estados de sucesión tempranos como el jobo (*Spondias mombin* L.), el poró-poró (*Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng.), el capulín (*Trema micrantha* (L.) Blume) y el guarumo (*Cecropia peltata* L.). De las hierbas como la navajuela (*Scleria microcarpa* Nees ex Kunth), la dormilona (*Mimosa pudica* L.), la escobilla (*Sida hirsutissima* Mill.) y los pastos exóticos jaragua (*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf), guinea (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & Jacobs) y zacatillo (*Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino) dominan el paisaje. La mayoría de las especies no poseen un estado de conservación determinado y solo 26 de ellas están categorizadas, todas en preocupación menor (Tabla A3, Apéndice II).

En contraste, los fragmentos de bosque en Las Tablillas registraron 164 especies de plantas en 18 parcelas, las cuales representan a 138 géneros en 64 familias (Fig. 8). Veintiséis de las especies registradas tuvieron individuos con DAP > 40 cm, entre ellas: peine de mico (*Apeiba membranacea* Spruce ex Benth.), cañafistula (*Cassia moschata* Kunth), aguacatillo (*Cinnamomum triplinerve* (Ruiz & Pav.) Kosterm.), pilón (*Hieronyma alchorneoides* Allemão), costilla de danto (*Swartzia nicaraguensis* (Britton & Rose) Standl.) y amarillón (*Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell).

Entre las herbáceas registradas en los fragmentos boscosos se encuentran el zainillo

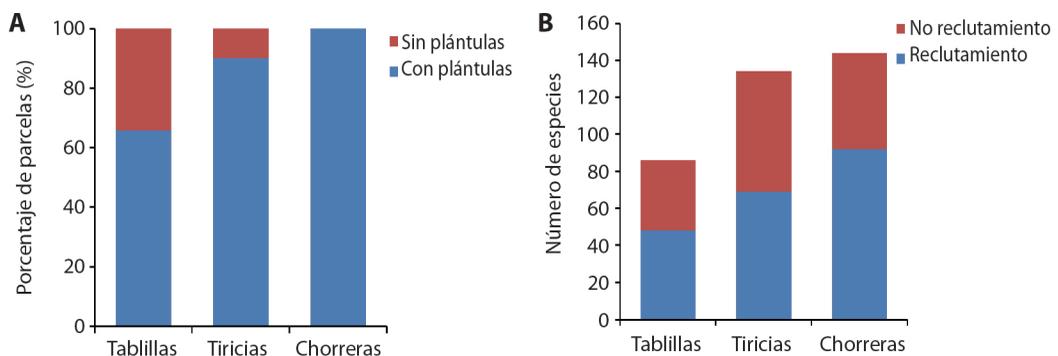


Fig. 7. Reclutamiento de especies arbóreas en sitios boscosos de interés (Tablillas se refiere únicamente a los fragmentos boscosos aledaños del Puesto Fronterizo). A) Porcentaje de parcelas muestradas con evidencia de reclutamiento (plántulas). B) Número de especies arbóreas cuyas plántulas fueron encontradas en los muestreos. / **Fig. 7.** Recruitment of tree species in forest sites of interest (Tablillas refers only to the forest fragments surrounding the Border Post). A) Percentage of sampled plots with evidence of recruitment (seedlings). B) Number of tree species whose seedlings were found in the samplings.

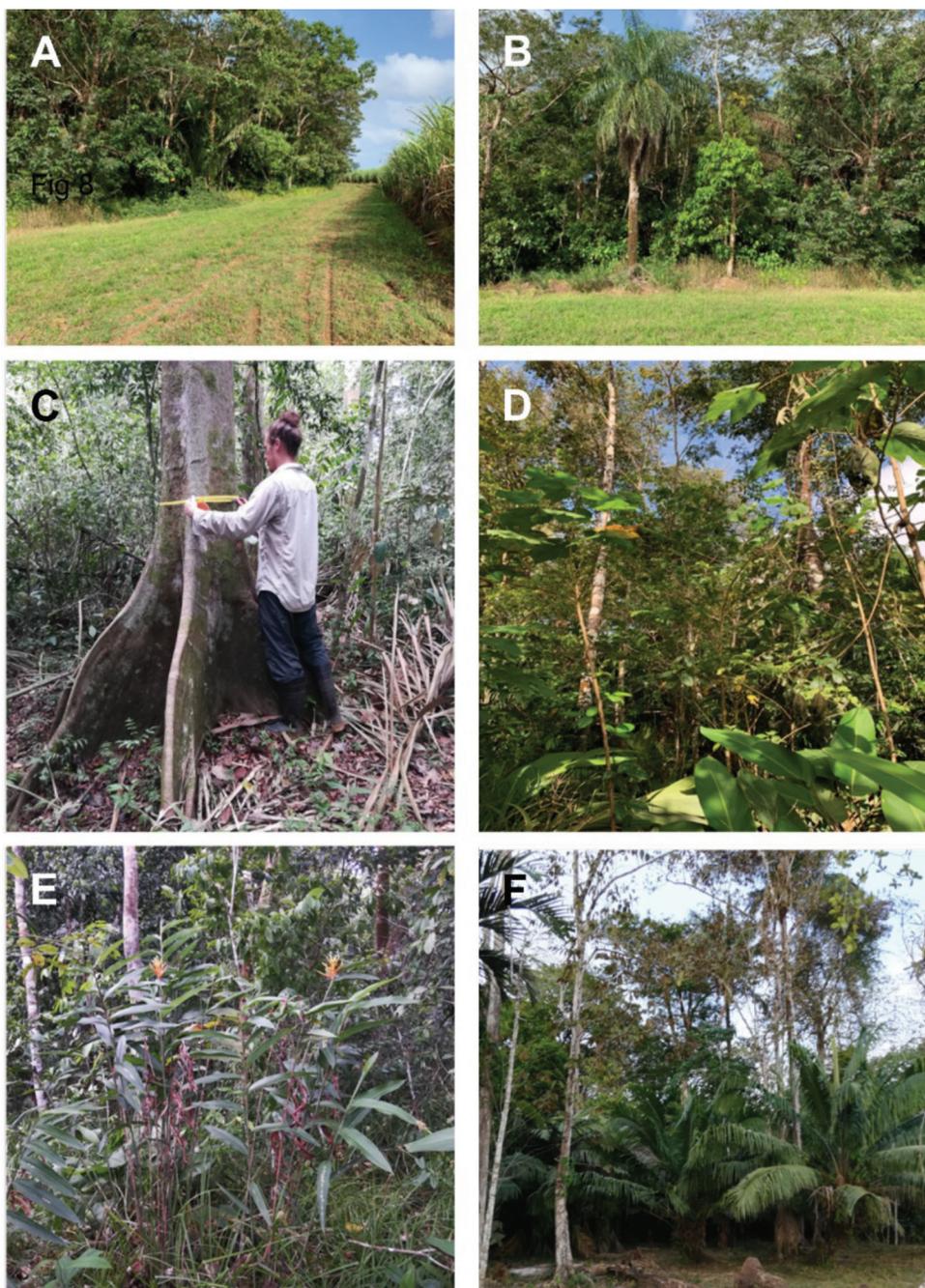


Fig. 8. Cobertura de vegetación en los fragmentos boscosos aledaños a Las Tablillas. Nombres de fragmentos como en Tabla 1. A y B) Sitio 2. C y D) Sitio 3. D y F) Sitio 4. / **Fig. 8.** Vegetation cover in the forest fragments close to Las Tablillas. Fragment names as in Table 1. A and B) Site 2. C and D) Site 3. D and F) Site 4.



(*Dieffenbachia oerstedii* Schott), caña agria (*Costus laevis* Ruiz & Pav), heliconia (*Heliconia longiflora* R. R. Sm.), y platanillos (*Pleiostachya pruinosa* (Regel) K. Schum., *Calathea* sp.). Estas especies denotan que los sitios donde han quedado estos remanentes forestales son más húmedos que el entorno drenado que los rodea. De las especies observadas aquí, un total de 99 tienen información sobre su situación de amenaza en las listas de la UICN, la mayoría de ellas en categoría de preocupación menor (Tabla A3, Apéndice II). Sin embargo, se reconocen especies vulnerables como *Inga canonegrensis* N. Zamora & T. D. Penn. y la herbácea *Ruellia terminalis* (Nees) Wassh, especies en peligro como el cocobolo (*Dalbergia melanocardium* Pittier) y especies vedadas por la legislación costarricense como el roble o corteza amarillo (*Handroanthus guayacan* (Seem.) S. O. Grose). Por otro lado, la correspondencia entre especies leñosas entre el ambiente de charral-tacotal y los fragmentos boscosos en Las Tablillas fue del 24 %, mientras que para especies herbáceas la correspondencia fue tan solo del 10%.

La riqueza de especies fue mayor en las propiedades de potencial compensación. La propiedad en Tiricias registró un total de 252 especies, representadas en 67 familias y 172 géneros (Apéndice II). Un total de 23 especies mostraron ser árboles dominantes en el dosel, entre ellas el peine de mico (*A. membranacea*), ajillo (*Balizia elegans* (Ducke) Barneby & J.W.Grimes), caobilla (*Carapa nicaraguensis* C.DC.), yema de huevo (*Chimarrhis latifolia* Standl.), almendro de montaña (*Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell), olla de mono (*Lecythis ampla* Miers), y manteco (*Tapirira guianensis* Aubl.). En el sotobosque prevalecen arbustos como varilla negra (*Acalypha diversifolia* Jacq.), coralillo (*Chrysochlamys glauca* (Oerst. ex Planch. & Triana) Hemsl.), frutilla (*Miconia* spp.), y varias especies de cordoncillos del género *Piper*. Hacia el noroeste de la propiedad hay un proceso de regeneración, donde se distribuyen gran cantidad de herbáceas, como pega-pega (*Desmodium adscendens*

(Sw.) DC.), caña agria (*Costus* spp.), platanillas (*Heliconia* spp.) y bijaguas (*Calathea* sp.).

Del total de especies en este sitio, hay 130 especies registradas en las listas de la UICN, donde un 90% de estas consideradas de preocupación menor (Tabla A3, Apéndice II). Sin embargo, especies como Anonillo (*Magnolia gloriensis* (Pittier) Govaerts), cocobolo (*Dalbergia melanocardium*) y guabo de charco (*Terminalia bucidoides* Stand. & L.O. Williams), aparecen como amenazadas en listados nacionales (Quesada-Monge, 2004). Otras especies como mastate (*Hernandia didymantha* Donn.Sm.), *Leucaena multicapitula* Schery, cuajada negra (*M. guianensis*) y copal (*Protium panamense* (Rose) I.M. Johnst.) se registran como amenazados. También se encuentran especies en peligro de extinción como olla de mono (*L. ampla*), areno (*Qualea* sp.) y campano (*Vantanea barbourii* Standl.). Entre las especies vulnerables se encuentra el aguacatillo (*Cinnamomum chavarrianum* (Hammel) Kosterm.). De la lista de especies vedadas de Costa Rica se encuentran almendro de montaña (*D. panamensis*) y tostado (*Tachigali costaricensis* (N. Zamora & Poveda) N. Zamora & van der Werff). Específicamente la especie yuquilla (*Zamia neurophyllidia* D.W.Stev.) llama la atención por pertenecer a un grupo de plantas con alto valor comercial por lo cual sufre de tráfico.

La propiedad en Chorreras registró un total de 242 especies que abarcan 73 familias y 175 géneros (Apéndice II). De estas, 35 especies de árboles resultaron dominantes, entre las que se encuentran ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), espavel colorado (*Cespedesia spathulata* (Ruiz & Pav.) Planch.), laurel de bosque (*Cordia megalantha* S.F.Blake), fosoforillo (*Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.), tamarindo de montaña (*D. guianense*), almendro de montaña (*Dypterix panamensis*), olla de mono (*L. ampla*), nispero chicle (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen), cuajada negra (*M. guianensis*), bogamaní (*Otoba novogranatensis* Moldenke), gavilán (*Pentaclethra maculosa*), sapotillo (*Pouteria durlandii* (Standl.) Baehni), cedro caracolito (*Ruptiliocarpon caracolito* Hammel & N.

Zamora), tostado (*T. costaricensis*), *Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze, campano (*V. barbourii*), botarrama blanco (*V. allenii*) y yayo (*Xylopia sericophylla* Standl. & L.O. Williams). Hay una notable menor densidad de herbáceas si se compara con Tiricias (Apéndice II), aunque se pueden observar hoja de lapa (*Cyclanthus bipartitus* Poit. ex A.Rich.), zahinillo (*Dieffenbachia grayumiana* Croat), heliconias (*Heliconia* spp.), caña agrias (*Costus* spp.), lino (*Crinum erubescens* L.f. ex Aiton) y cara de mula (*Philodendron* spp.).

Un total de 121 especies registran información sobre su estatus de conservación, de las cuales 104 bajo la categoría de preocupación menor de la UICN. Entre las especies casi amenazadas de Chorreras se encuentran mastate (*H. didymantha*), cuajada negra (*M. guianensis*) y copal (*P. panamense*). Ejemplos de especies vulnerables son chicle (*Pouteria calistophylla* (Standl.) Baehni) y alcantarillo (*Spachea correare* Cuatrec. & Croat). Para la legislación costarricense, el frijolón (*Dussia macrophyllata* (Donn.Sm.) Harms), olla de mono (*L. ampla*), areno (*Qualea* sp.) y campano (*V. barbourii*) están amenazados; mientras que el almendro de montaña (*D. panamensis*), el tostao (*T. costaricensis*) y el ciprecillo (*Podocarpus guatemalensis* Standl.) son especies vedadas. Las herbáceas *Z. neurophyllidia* y la orquídea *Prescottia stachyodes* (Sw.) Lindl. están en la lista CITES II al pertenecer a grupos comercializados y con intenso tráfico internacional.

Tiricias y Chorreras comparten un 54 % de las especies leñosas observadas y un 58 % de las especies herbáceas. Por otro lado, los muestreos revelan notables diferencias en la composición de especies de plantas entre las coberturas boscosas de Las Tablillas y las dos propiedades potenciales de compensación, compartiendo el 20 y 22 % de las especies leñosas con Chorreras y Tiricias, respectivamente.

Las diferencias en la riqueza y diversidad de plantas se mantienen aun cuando se corrige por las diferencias en el número de parcelas empleadas en cada sitio. En Las Tablillas, la riqueza esperada para el sitio de segregación y

los fragmentos de bosque adyacentes es de 12 y 69 especies leñosas respectivamente, mientras que para Tiricias y Chorreras los estimados son 84 y 113 especies, respectivamente (Fig. 9). Para los tres sitios con cobertura forestal, las pendientes de las curvas de riqueza y diversidad de plantas leñosas sugieren que no se alcanzó la riqueza esperada y se espera que más especies sean encontradas con aumento del muestreo (Fig. 9). Para el sitio de segregación en cambio, no se espera un aumento en los estimados de diversidad de leñosas para ese sitio. Este patrón es el mismo al comparar los estimados de riqueza y diversidad de especies herbáceas entre sitios (Fig. 10).

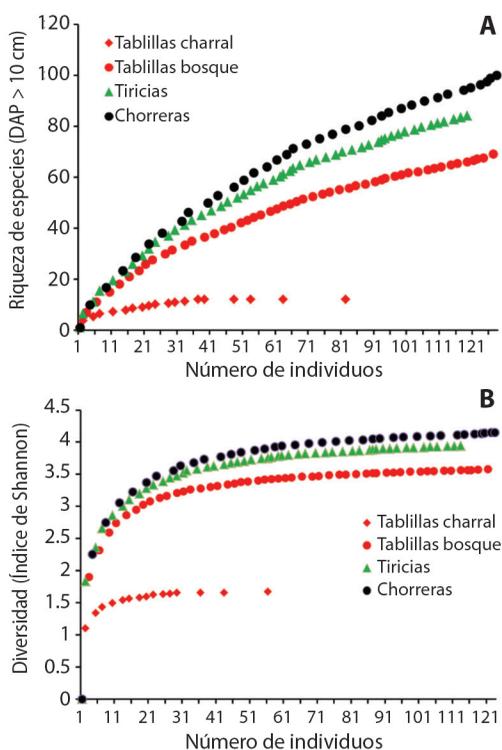


Fig. 9. Curvas de rarefacción por muestreo de individuos para especies leñosas en el sitio de impacto (Tablillas charral) y zonas aledañas (Tablillas bosque) y los potenciales sitios de compensación (Tiricias y Chorreras). A) Curva para riqueza de especies. B) Índice de diversidad de Shannon (H). / **Fig. 9.** Rarefaction curves by sampling of individuals for woody species at the impact site (Tablillas charral) and surrounding areas (Tablillas bosque) and the potential compensation sites (Tiricias and Chorreras). A) Curve for species richness. B) Shannon diversity index (H).

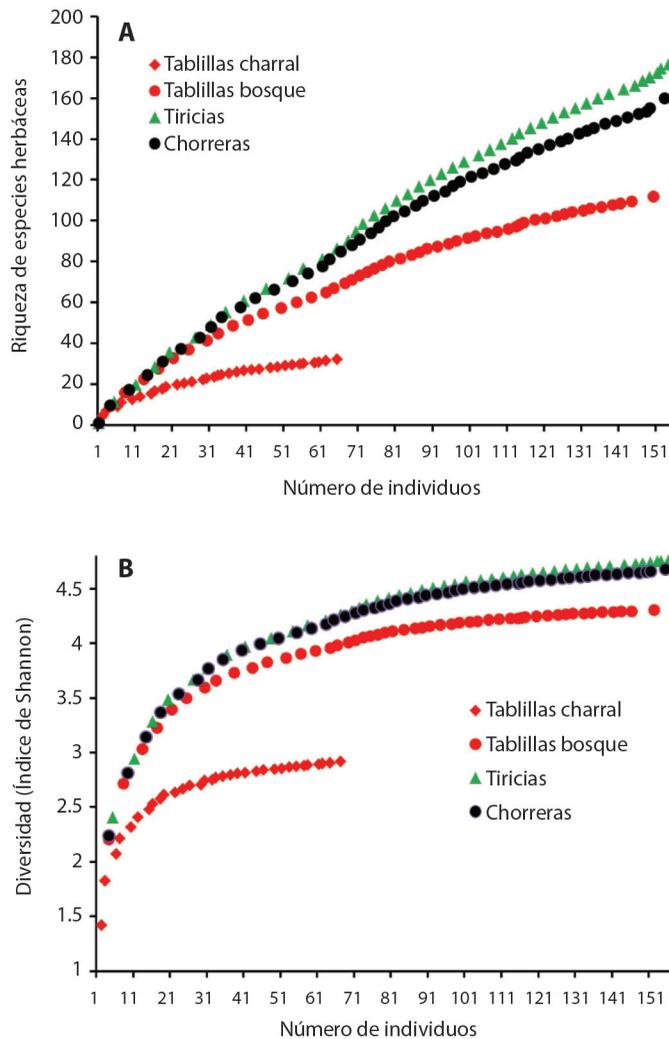


Fig. 10. Curvas de rarefacción por muestreo de individuos para especies herbáceas en el sitio de impacto (Tablillas charral y Tablillas bosque) y los potenciales sitios de compensación (Tiricias y Chorreras). A) Curva para riquezas de especies. B) Índice de diversidad de Shannon (H). / **Fig. 10.** Rarefaction curves by sampling of individuals for herbaceous species at the impact site (Tablillas charral and Tablillas bosque) and the potential compensation sites (Tiricias and Chorreras). A) Curve for species richness. B) Shannon diversity index (H).

3.9 Caracterización de la fauna en el sitio de segregación y las propiedades de potencial compensación

Diversidad de avifauna. El uso de aves como parámetro para fundamentar la propuesta de sitios prioritarios para la compensación ambiental destaca su diversidad, movilidad e interacciones con especies de plantas. Estos atributos ecológicos hacen de las aves un taxón

fundamental debido a los procesos de polinización y dispersión de semillas, muy relevante para la sucesión natural de áreas alteradas. Para este componente se analizó la riqueza y composición de especies de avifauna en el sitio de segregación en Las Tablillas, así como en los sitios potenciales de compensación en Tiricias y Chorreras. Al sur de este último, en la localidad conocida como Carmen, también se realizaron muestreos.

En Las Tablillas se encontraron un total de 21 especies de aves, mientras que para las coberturas boscosas en los sitios potenciales de compensación se encontraron 142 (Tabla A4, Apéndice II). Las especies más conspicuas en Las Tablilla son típicas de zonas abiertas, tales como el pecho amarillo *Myiarchus tyrannulus* (Statius Muller, 1776), el semillero *Sporophila moreletii* (Bonaparte, 1850), el gavilán pollero *Rupornis magnirostris* (Gmelin, 1788) y la golondrina *Tachycineta albilinea* (Lawrence, 1863). También se encontraron especies asociadas a coberturas intervenidas, como la viudita *Thraupis episcopus* (Linnaeus, 1766) y el cucarachero *Troglodytes aedon* (Vieillot, 1809). Asimismo, varias de las especies observadas son comunes en ambientes de humedales, como la reinita de manglar *Setophaga petechia* (Linnaeus, 1766), la garza verde *Butorides virescens* (Linnaeus, 1758), la garza nívea *Egretta thula* (Molina, 1782) y la garza azul *Ardea herodias* (Linnaeus, 1758); posiblemente debido a la cercanía del río Medio Queso y sus humedales. Finalmente, también se registraron aves migratorias que emplean el lugar como zona de paso, como los zopilotes *Cathartes burrovianus* (Cassin, 1845) y *Cathartes aura* (Linnaeus, 1758) (Fig. 11). La mayoría de esas especies se consideran como preocupación menor en las listas de la UICN.

En contraste, la composición de especies asociadas de manera más dependiente a ambientes boscosos fue mayor para el sitio Chorreras, seguido por Tiricias y Carmen (Tabla 2). Estos

tres sitios muestran diferencias en la riqueza estimada aun empleando rarefacción, con un mayor número de especies esperadas en el sitio Tiricias y Chorreras relativo al sitio Carmen (57, 55 y 50 especies, respectivamente). Los sitios Chorreras, Tiricias y Carmen están embebidos en un paisaje fragmentado, pero con una cobertura de bosque significativa (entre un 66 y 98 % en los sitios analizados). Además, una mayor riqueza de especies de aves está asociada a una mayor cantidad de bosque remanente. Basados en esta evaluación, y ponderando los parámetros de proporción de bosque, conectividad y proximidad al RNVSCFN, así como la riqueza y composición de especies con relación a los ambientes y hábitats presentes, se sugiere Chorreras como el sitio más idóneo para la compensación ambiental.

Diversidad de herpetofauna. A pesar de los esfuerzos de búsqueda, sólo 16 individuos, representando 5 especies de anfibios fueron encontrados en el sitio de segregación en Las Tablillas: el sapo común *Rhinella horribilis* (Wiegmann, 1833), las ranas arborícolas *Dendropsophus microcephalus* (Cope, 1886), *Scinax staufferi* (Cope, 1865) y *Agalychnis callidryas* (Cope, 1862), y la rana de potrero *Leptodactylus melanotus* (Hallowell, 1861) (Fig. 12). Por su parte, solo tres especies de lagartijas representaron los reptiles de este lugar: *Anolis limifrons* (Cope, 1862), *Gonatotodes albogularis* (Duméril & Bibron, 1836) y *Hemidactylus frenatus* (Duméril & Bibron,

TABLA 2

Porcentajes de especies de aves (cantidad en paréntesis) registradas en 6 tipos de ambientes/hábitats en los cuales fueron mayoritariamente registradas. El hábitat “Bosque” incluye crecimiento secundario, bosque maduro y ripario. El ambiente “Arbolado” incluye arboles cercanos entre sí, pero sin sotobosque. El ambiente “Potrero” incluye pastizales para ganado, charrales y arboles dispersos. / **Table 2.** Percentages of species of birds (number in parentheses) recorded in 6 types of environments/habitats in which they were mostly recorded. “Bosque” habitat includes secondary growth, mature forest, and riparian. The “Arbolado” environment includes trees close to each other, but without undergrowth. The “Potrero” environment includes pastures for cattle, scrubs and scattered trees.

Localidad	Abierto/ Arbolado	Arbolado/ Jardines	Bosque	Bosque/ Arbolado	Humedal	Potrero/ Jardines
Tablillas	14% (3)	19% (4)	0%	19% (4)	43% (9)	5% (1)
Tiricias	14% (11)	25% (20)	20% (16)	24% (19)	6% (5)	11% (9)
Chorreras	6% (4)	20% (12)	33% (20)	36% (22)	3% (2)	2% (1)
Carmen	14% (7)	38% (19)	6% (3)	24% (12)	4% (2)	14% (7)

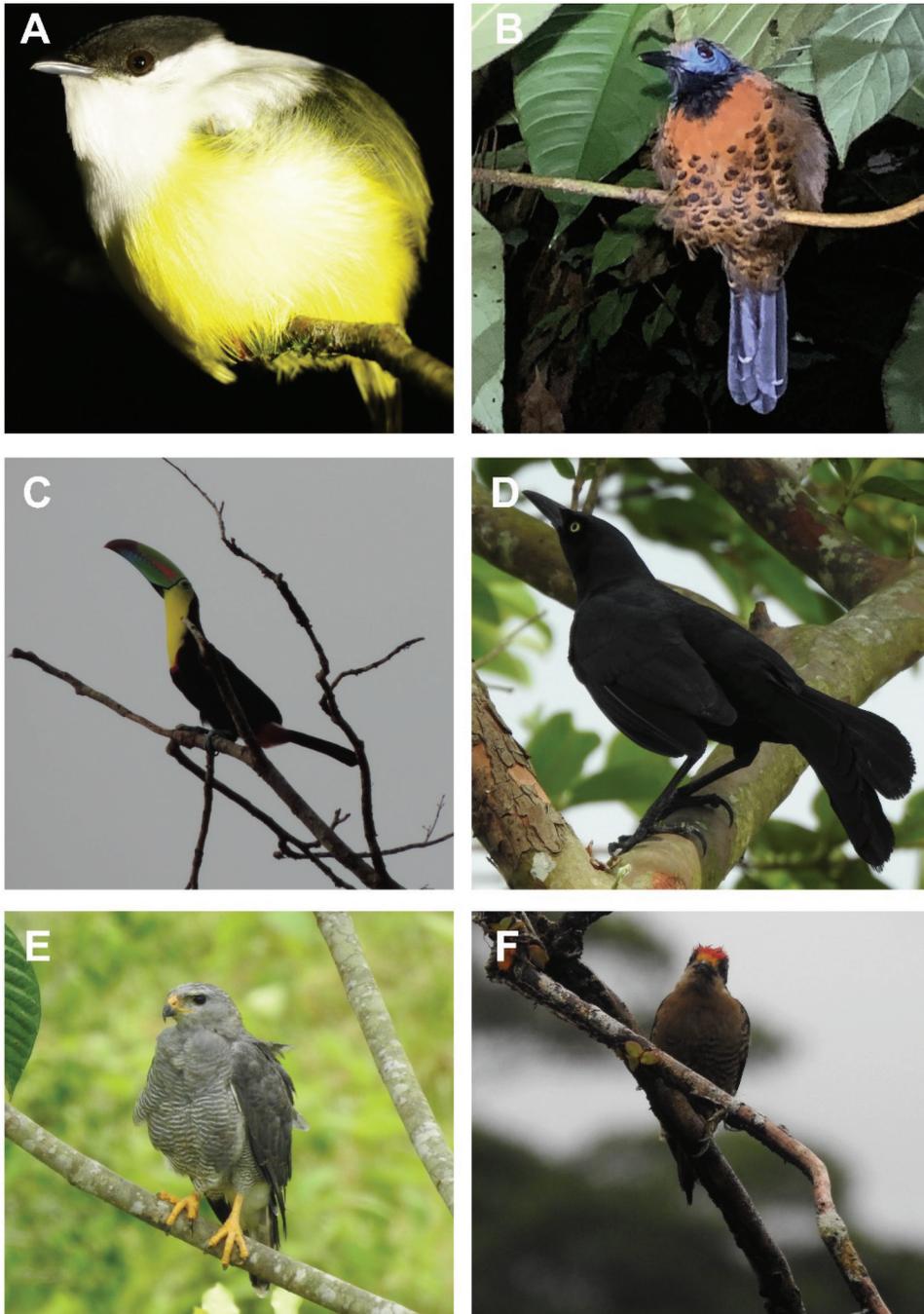


Fig. 11. Ejemplos de especies encontradas en los muestreos de aves y el ambiente más frecuente en el que fue registrada. A) *Manacus candei* (Bosque) B) *Phaenostictus mcleannani* (Bosque) C) Tucán, *Ramphatos sulfuratus* (Bosque/Arbolado) D) *Quiscalus mexicanus* (Abierto/Arbolado) E) *Buteo plagiatus* (Abierto/Arbolado) F) *Melanerpes pucherani* (Arbolado/Jardines). / **Fig. 11.** Examples of species found in bird samples and the most frequent environment in which they were recorded. A) *Manacus candei* (Forest) B) *Phaenostictus mcleannani* (Forest) C) Toucan, *Ramphatos sulfuratus* (Forest/Woodland) D) *Quiscalus mexicanus* (Open/Woodland) E) *Buteo plagiatus* (Open/Woodland) F) *Melanerpes pucherani* (Woodland/ Gardens).

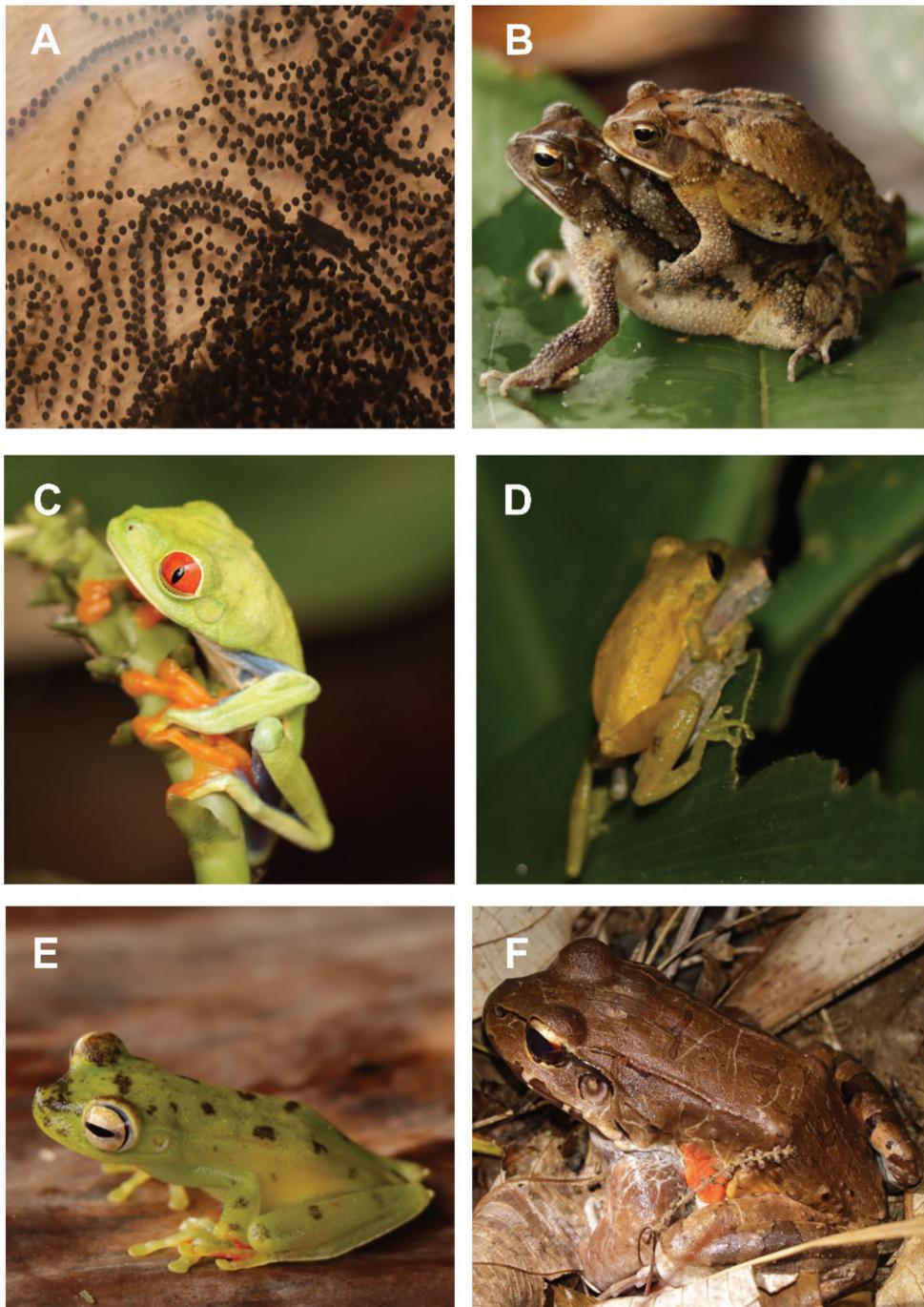


Fig. 12. Ejemplos de especies encontradas en los muestreos de anfibios. A) Tiras de huevos de *Incilius valliceps*. B) *I. valliceps* en amplexo reproductivo. C) Rana arborícola o calzonuda *Agalychnis callidryas*. D) Rana arborícola *Scinax elaeochroa* en amplexo. E) Rana arborícola de pantano *Hypsiboas rufitelus*. F) Rana ternera o come pollos *Leptodactylus savagei*. / **Fig. 12.** Examples of species found in amphibian samples. A) Strips of *Incilius valliceps* eggs. B) *I. valliceps* in reproductive amplexus. C) Red-eye tree frog *Agalychnis callidryas*. D) Olive snouted treefrog *Scinax elaeochroa* in amplexus. E) Canal Zone treefrog *Hypsiboas rufitelus*. F) Savage's thin-toed frog *Leptodactylus savagei*.



1836) (Fig. 13), siendo esta última una especie introducida de Asia y muy asociada a edificaciones humanas. Esta pobre diversidad refleja el grado de alteración del ambiente en el sitio. En los fragmentos boscosos adyacentes se encontraron 16 especies de anfibios y 9 de reptiles (Tabla A5, Apéndice II), entre ellas: las ranas de hojarasca *Craugastor fitzingeri* (Schmidt, 1857), la rana ternero *Leptodactylus savagei* (Heyer, 2005), las lagartijas *Anolis humilis* (Peters, 1863) y *A. limifrons*, y las serpientes terciopelo *Bothrops asper* (Garman, 1884) y coral *Micrurus alleni* (Schmidt, 1936).

En contraste, los sitios potenciales para compensación mostraron una mayor diversidad (Fig. 14; Tabla A5, Apéndice II). En Tiricias, se cuantificaron 19 especies de anfibios y 15 de reptiles, mientras que en Chorreras las cifras fueron 18 y 18, respectivamente (Tabla A5, Apéndice II). Aquí la rana calzonuda *A. callidryas*, la rana de árbol *Hypsiboas rufitelus* (Fouquette, 1961), la rana venenosa *Oophaga pumilio* (Schmidt, 1857), las ranas de hojarasca *Craugastor bransfordii* (Cope, 1886) y *C. fitzingeri* así como la rana ternera *L. savagei* y la rana de monte *Lithobates warszewitschii* (Schmidt, 1857) se cuentan entre los anfibios más abundantes (Fig. 12), mientras que las lagartijas *A. humilis*, *A. limifrons*, el gecko *G. albogularis* y las serpientes *B. asper*, *Bothriechis schlegelii* (Berthold, 1846) y *Chironius grandisquamis* (Peters, 1869) fueron los reptiles más conspicuos (Fig. 13).

Los ambientes en Las Tablillas comparten un 62 % y 44 % de sus especies con Tiricias y Chorreras, respectivamente, mientras que Tiricias y Chorreras comparten el 78 % de las especies observadas. Los esfuerzos de búsqueda durante los muestreos variaron entre los distintos sitios, por lo que se empleó rarefacción para comparar las curvas de acumulación de especies entre los sitios de estudio (Fig. 14). Estas curvas muestran que, a pesar de no alcanzarse el total de especies en cada sitio, en Las Tablillas se espera una menor diversidad y riqueza que la presente en las propiedades en Tiricias y Chorreras.

Excepto por el guajipal *Caiman crocodylus* y la rana de monte *Lithobates warszewitschii* encontrados en uno de los fragmentos de bosque cercano al sitio de segregación, el resto de las especies encontradas en los muestreos en Las Tablillas corresponden a especies relativamente abundantes, con bajo nivel de amenaza y catalogados como de preocupación menor por la UICN. De igual forma, en las propiedades para compensación, la mayoría de las especies observadas son de preocupación menor, aunque también hay especies casi amenazadas como el gecko *Thecadactylus rapicauda*, las serpientes mica *Spilotes pullatus* y la bocaracá *Bothriechis schlegelii*. Estas especies sufren presión por el comercio ilegal (Tabla A5, Apéndice II).

El índice de vulnerabilidad ambiental (EVS) también fue empleado para determinar amenazas de conservación de las especies observadas. Valores altos de ese índice resultan de especies con distribuciones restringidas, que ocurren en una o pocas zonas de vida y que tienen modos reproductivos altamente especializados (anfibios) o son perseguidas (reptiles). Casi la mitad de las especies observadas muestran valores bajos del índice de vulnerabilidad ($EVS > 8$), confirmando que por su distribución extensa en ambientes húmedos o por pasar desapercibidos no son vulnerables. Veintiséis especies mostraron valores medios del índice (EVS entre 9 y 13), entre ellos: el sapo *Inciilius valliceps*, las ranas arborícolas *Hypsiboas rufitelus* y *Agalychnis callidryas*, la iguana verde *Iguana iguana*, y las serpientes *Spilotes pullatus*, *Enuliophis sclateri*, *Bothrops asper*. Estas especies poseen amplia distribución, pero tienen restricciones en cuanto hábitat o, en el caso de la iguana y serpientes, son perseguidas. Finalmente, tres especies, las ranas venenosas *Oophaga pumilio*, *Dendrobates auratus* y la tortuga *Trachemys grayi* mostraron los valores más altos del EVS, que evidencia especialización en sus modos reproductivos (ranas) y la presión que el tráfico ilegal tiene sobre sus poblaciones. Algunas especies encontradas pueden servir de indicadores de coberturas poco perturbadas, como es el caso de *Enuliophis sclateri*, una pequeña serpiente del dosel

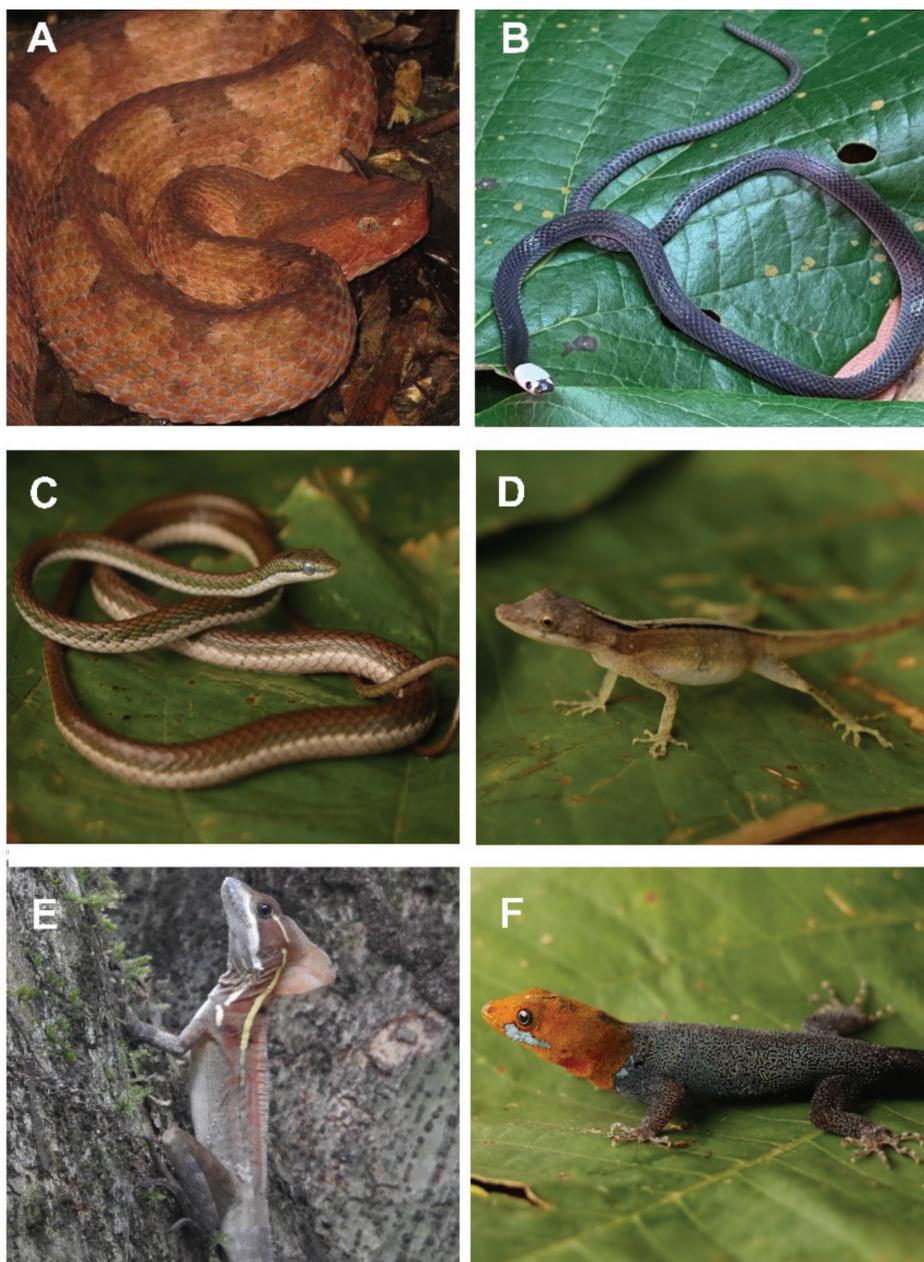


Fig. 13. Ejemplos de especies encontradas en los muestreos de reptiles. A) Víbora tamagá *Porthidium nasutum*. B) Culebrilla cabeciblanca *Enuliophis sclateri*. C) Lora *Leptophis nebulosus*. D) Gallego *Anolis limifrons*. E) Basilisco *Basiliscus vittatus*. E) Gecko *Gonatodes albogularis*. / **Fig. 13.** Examples of species found in reptile samples. A) Hognosed pit viper *Porthidium nasutum*. B) Colombian longtail snake *Enuliophis sclateri*. C) Oliver's parrot snake *Leptophis nebulosus*. D) Slender or border anole *Anolis limifrons*. E) Brown basilisk *Basiliscus vittatus*. E) Yellow-headed gecko *Gonatodes albogularis*.

de bosques maduros encontrada en Chorreras (Fig. 13).

Estos resultados reflejan que, pese a que la mayoría de los anfibios y reptiles encontrados son especies comunes con niveles de amenaza bajos, las propiedades de Tiricias y Chorreras sostienen una mayor riqueza y diversidad de herpetofauna (Fig. 14), lo que las hacen una mejor opción para su manejo y conservación. Aunque la abundancia de anfibios observados en ambas propiedades fue muy similar,

Chorreras mostró una ligera mayor abundancia y riqueza de reptiles (Fig. 14).

DISCUSION

La compensación por pérdidas al ambiente y la biodiversidad se utiliza cada vez más para conciliar los objetivos de conservación y desarrollo, reconociendo que existen límites a los tipos de impactos sobre la biodiversidad que pueden o deben ser compensados (Pilgrim et al., 2013). A pesar de su uso extensivo, diseñar las mejores compensaciones es aún desafiante, especialmente cuando son requeridas sobre ambientes de valor único en conservación (Business and Biodiversity Offsets Programme, 2012b; Murcia et al., 2017). Algunos autores sostienen que el principio de no-pérdida-neta debería sustituirse por el de ganancia-ambiental-neta (Cole, 2021; Cowell, 1997), de manera que las medidas refuercen los objetivos de conservación trazados.

En Costa Rica, las ASP son concebidas como espacios designados a alguna categoría de manejo en virtud de su importancia natural o socioeconómica y que deben apearse a objetivos de conservación declarados oficialmente (Ley N°7788, 1998). Los parques nacionales, las reservas biológicas y los refugios de vida silvestre están entre las categorías de manejo más conocidas y restrictivas en el país. Por ello, modificaciones a sus límites solo pueden realizarse mediante ley de la república y con un estudio técnico que justifique cambios y proponga medidas resarcitorias que contemplen ganancia ambiental (Ley N°7554, 1995, art. 38). Las presiones sobre las ASP en ese país han ido en franco crecimiento a lo largo de estas décadas (Sánchez-Azofeifa et al., 2002, 2003), lo que obliga a proponer procedimientos para evaluar la compensación sobre los impactos y así cumplir los objetivos de conservación para las que fueron creadas.

El caso aquí presentado contrasta en muchos aspectos con los casos típicos donde se aplican medidas de compensación (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017; Bonilla, Oviedo-Brenes et al. (2022); Castro-Calle, 2018;

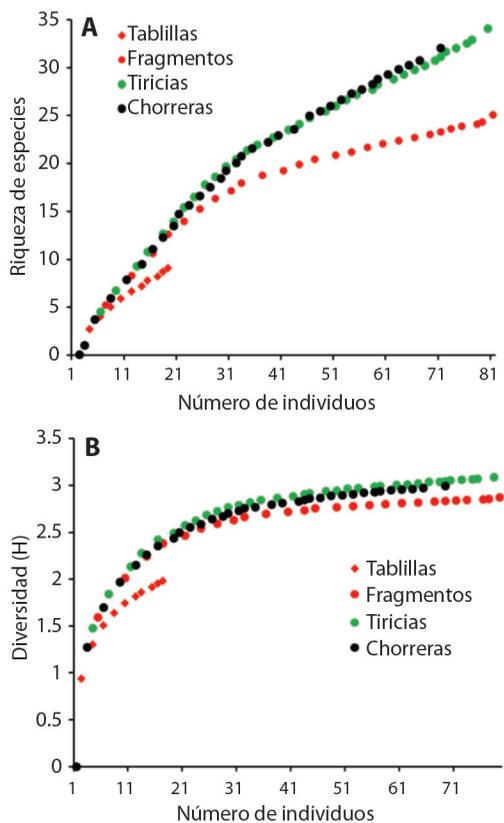


Fig. 14. Curvas de rarefacción por muestreo de individuos para especies de anfibios y reptiles en el sitio de impacto (Tablillas charral y Tablillas bosque) y los potenciales sitios de compensación (Tiricias y Chorreras). A) Curva para riquezas de especies. B) Índice de diversidad de Shannon (H). / **Fig. 14.** Rarefaction curves by sampling of individuals for amphibian and reptiles species at the impact site (Tablillas charral and Tablillas bosque) and the potential compensation sites (Tiricias and Chorreras). A) Curve for species richness. B) Shannon diversity index (H).

López-Arbeláez & Quintero-Sagre, 2015). El sitio para el puesto fronterizo Las Tablillas está inserto en un refugio de vida silvestre que debería conferirle protección, pero que tiene una larga historia de cambios de uso del suelo. Nuestro análisis refleja que el sitio ha sido despojado de su cobertura boscosa natural a lo largo de seis décadas, para dar lugar a pastizales, zonas de cultivos y –más recientemente– a infraestructura urbana, lo que contraviene con los objetivos primordiales del *área protegida* y afecta la credibilidad del sistema de protección del país. Además, los procesos ecológicos están siendo interrumpidos por las construcciones y actividades aduanales ya presentes en el sitio. En consecuencia, se parte de un ambiente degradado que presenta baja diversidad biológica y no de un ambiente diverso como suele suceder en otros casos.

Por las razones expuestas anteriormente, indemnizar la segregación en Las Tablillas con una propiedad que tuviera un ambiente similar al observado equivaldría a desconocer el objetivo de protección del sitio e imposibilitaría la ganancia neta deseada. Por consiguiente, recurrimos a proyectar las pérdidas en estructura y diversidad que resultarían si se interrumpe la dinámica de sucesión en el sitio y empleamos esa figura como referencia sobre la cual tasar las medidas resarcitorias. Esto significó buscar compensación para la oportunidad de tener un entorno boscoso y con mayor diversidad, aun cuando esas condiciones no prevalecen actualmente en el sitio de segregación. Emplear esa proyección como coste de oportunidad resultó conveniente para maximizar la ganancia ambiental de dos formas: 1) permitiendo identificar el tipo de cobertura y 2) contribuyendo a estimar la extensión mínima sobre la que tasar la equivalencia.

Las dos propiedades seleccionadas como potenciales sitios de compensación cuentan con coberturas naturales de interés, limitan con el RNVSCFN y poseen otros atributos que concuerdan favorablemente con aspectos teóricos del diseño de reservas (Castaño-Villa, 2005). Además, ambas se encuentran registradas, lo que facilita su adquisición por parte del

Estado y su posterior anexión al mencionado refugio. Cualquiera de las dos incrementaría el área del RNVSCFN en más de 100 hectáreas de un ambiente más conservado y diverso que el de Las Tablillas, el cual es considerado una ventaja para el objetivo de conservación del refugio (Desment & Cowling, 2004). Aunque la cobertura natural de ambas propiedades ha sido intervenida en el pasado, es evidente que el grado de perturbación y las amenazas de su entorno inmediato son menores que las actualmente presentes en el sitio de segregación (González-Gamboa, 2019; Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2013).

Un aspecto medular a la hora de evaluar la equivalencia ecológica es que haya congruencia entre el ecosistema impactado en el sitio de referencia y el empleado como resarcimiento (Ariza-Pardo & Moreno-Hincapié, 2017; Díaz-Reyes, 2014). De hecho, del principio de no-pérdida-neta se desprende que no puede sustituirse por un ecosistema de distinto tipo al impactado (Business and Biodiversity Offsets Programme, 2012a). Este es el precepto sobre el que operan metodologías que estiman medidas resarcitorias a partir de factores de ponderación, como el método denominado Hábitat por Hectáreas (Parkes et al., 2003) o el aplicado en Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MADS, 2012). A pesar de ello, algunas de las estrategias más comúnmente empleadas para plantear compensación, como los bancos de hábitat, no siguen esa noción al fomentar la compensación con ambientes o elementos de la diversidad ajenos a los impactados por el proyecto (Enríquez-de-Salamanca & Medioambiental, 2016).

En nuestro caso, las dos propiedades seleccionadas difieren en clima y zonas de vidas respecto al sitio de segregación en Las Tablillas (Fig. 1) (Bolaños et al., 2005). Estas diferencias pueden explicar en parte la divergencia en composición de las comunidades de plantas vasculares y fauna registradas. Por ejemplo, anfibios y reptiles poseen menor vagilidad y distribución (Savage, 2022) y es sabido que las comunidades asociadas a ambientes estacionales (como Las Tablillas) difieren en



composición con aquellas asociadas a ambientes húmedos en Costa Rica (Sasa et al., 2010). Por lo tanto, sustituir una comunidad por otra como medida resarcitoria podría interpretarse como una violación al fundamento de equivalencia ecológica (Bonilla, Monrós et al., 2022). Sin embargo, algunas consideraciones pueden emplearse para validar el uso potencial de esas propiedades en la compensación por el área segregada en Las Tablillas:

No hay propiedades que reúnan todos los requerimientos ambientales y biológicos necesarios para servir de potencial compensación cercanos a esa región (i.e. cantón de Los Chiles).

La infraestructura presente en el sitio de segregación supuso un cambio de uso de suelo: de pastizal abandonado a espacio urbano. La huella de infraestructura interrumpe incipientes procesos de sucesión necesarios para la regeneración de la vegetación en ese sitio.

Nuestra reconstrucción histórica evidencia que los cambios de uso del suelo y la degradación de los remanentes naturales del sitio han continuado incluso desde la declaratoria de Refugio Nacional de Vida Silvestre (SINAC, Decreto N° 22962-MIRENEM, 1994). De esa manera, se demuestra que la declaratoria no ha significado mayor ventaja para el ambiente natural que se pretende conservar.

Un plan de manejo y ordenamiento del RNVSCFN fue elaborado previamente (NOTIO Gestión Estudios y Proyectos, 2016). Este plan pretendía zonificar las actividades productivas y de conservación dentro del refugio, considerando la zona de Las Tablillas como un área productiva y de paso fronterizo, mientras que la sección en los distritos de Pocosol y Cutris, que contienen las masas boscosas más importantes, quedarían para conservación. Es precisamente en esa sección donde se localizan las propiedades de Tiricias y Chorrera, respectivamente. Por lo tanto, escoger alguna de ellas para compensación cumpliría con el ordenamiento previsto por el plan de manejo.

Actualmente no se ha implementado el plan de ordenamiento territorial en el RNVSCFN. En consecuencia, los objetivos de conservación

del refugio de vida silvestre en Las Tablillas no se han cumplido adecuadamente.

Las propiedades seleccionadas incrementarían el área, la diversidad biológica y la cobertura forestal del RNVSCFN. Estas propiedades tienen una mayor conectividad con otros núcleos boscosos, como el Refugio Nacional de Vida Silvestre Maquenque y la Reserva Biológica Indio Maíz en Nicaragua (ver Fig. 1).

Algunos aspectos físicos, como el origen geológico, tipos de suelo y características estructurales de las coberturas boscosas son comunes a toda la región donde se ubican tanto el sitio de segregación como los potenciales sitios de compensación (Alvarado, 1984; Alvarado et al., 2005; Denyer et al., 2003; Gazel et al., 2005).

La gran mayoría de las especies de los grupos de fauna examinados son relativamente abundantes y presentan un bajo nivel de amenaza y están catalogados como de preocupación menor en todos los sitios estudiados. Sin embargo, en las propiedades seleccionadas para compensación se encuentra una mayor cantidad de especies con niveles de amenaza mayores (ver Tablas A3-A5 en Apéndice II).

Por otro lado, las dos propiedades seleccionadas como potencial compensación presentan una serie de singularidades que deben ser valoradas antes la escogencia final. Al igual que en Las Tablillas, Tiricias presenta potencial hidrogeológico al poseer cuerpos de agua subterránea y mayor cantidad de fuentes de agua superficiales, brindando interés a nivel hidrológico. La propiedad en Chorreras cuenta con el caño del mismo nombre, pero su contraparte en Tiricias evidencia tener un mayor potencial tanto hidrológico como hidrogeológico.

En Tiricias, la composición de plantas en la porción boscosa revela un crecimiento secundario, diverso, rico en especies arbóreas y con evidencia de regeneración. Sin embargo, su cobertura boscosa ha sido intervenida y hay evidencia de tala reciente en algunos sectores internos de la propiedad, lo que podrá afectar su conectividad. Si bien la estructura del hábitat es similar en ambas propiedades,

la de Chorreras posee menor intervención y el bosque está menos intervenido. Este último sitio muestra además una mayor diversidad y capacidad de reclutamiento de especies leñosas y mayor número de especies de los grupos indicadores, mejor conectividad con otras masas boscosas dentro y fuera del RNVSCFN y menor proporción de troncos caídos.

La continuidad y conectividad de hábitats resulta fundamental ya que permite un mayor flujo genético entre poblaciones de especies presentes en la zona (Tewksbury et al., 2002). En aves, por ejemplo, se ha sugerido que la riqueza y diversidad está determinada en gran medida por la conectividad que tengan los bosques (Mayhew et al., 2019). Los resultados obtenidos en este estudio apoyan esta hipótesis y demuestra que Chorreras protege una mayor cantidad de aves asociadas a ambientes boscosos (Tabla 2) a pesar de que Tiricias registró una riqueza de especies ligeramente mayor. La disminución en las poblaciones de aves está sumamente relacionada a la pérdida de hábitat (Osuri et al., 2020), donde aquellas especies más dependientes de bosques sanos se pueden ver más afectadas. Con base en los parámetros de proporción de bosque, la conectividad con masas boscosas dentro y fuera de RNVSCFN, la riqueza y composición faunística y el estatus de conservación, Chorreras parece compensar de mejor manera la diversidad por la segregación de un área de poco más de 12 hectáreas en Las Tablillas

En conclusión, la región en la que se encuentra el Puesto Fronterizo Las Tablillas ha tenido una larga historia de uso humano a pesar de ser catalogado como un ASP. La falta de remanentes naturales dentro del área exigió la búsqueda de fragmentos boscosos aledaños que proveyeran una idea cuales componentes bióticos se perderían al desarrollarse el proyecto. Ese costo de oportunidad permitió respetar el principio que la compensación ecológica debe generar ganancias ambientales netas. Cualquiera de las dos propiedades propuestas para sustituir la segregación es apta para lograr esas ganancias, al poseer mayor cobertura boscosa, mayor riqueza y diversidad biológica. Sin

embargo, existen algunas diferencias entre ellas y la selección final dependerá de los aspectos prioritarios a conservar. Tiricias representa un mejor sitio para compensar y conservar fuentes hidrológicas y acuíferos, mientras que Chorreras supone un mejor lugar para conservar estructura de hábitat y diversidad de plantas y animales. Por lo anterior, se recomienda que el Estado adquiera la propiedad N° 286653 en Chorreras y la anexe al Refugio Nacional de Vida Silvestre Corredor Fronterizo, como una manera de compensar las pérdidas en superficie y ambiente natural que supondría la segregación de 12.12 ha para el establecimiento del puesto fronterizo Las Tablillas.

Independientemente de la selección final de la propiedad que compensará ambientalmente la segregación, es importante contar con medidas de monitoreo ambiental, tanto en Las Tablillas como en la propiedad a seleccionar. De esta manera se podrá disponer de información concreta que permita evaluar los alcances de la compensación en el tiempo ante las inminentes presiones sociales de diversos sectores de la sociedad sobre las ASP. La colaboración entre el estado (SINAC), universidades y Organizaciones No Gubernamentales es fundamental para llevar a cabo un adecuado plan para el manejo y monitoreo de las coberturas naturales dentro del RNVSCFN para su recuperación y preservación.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría, que no hay conflicto de interés de ningún tipo y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto ED-3585 de la Vicerrectoría de Acción Social



de la Universidad de Costa Rica, inscrito bajo el permiso SINAC-PNI-ACAHN-11-2020 del Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Los autores agradecen a Miguel Méndez de la Organización para Estudios Tropicales y a Gonzalo Elizondo y Dayana Ugalde del Ministerio de Comercio Exterior por su apoyo

administrativo y logístico. Agradecemos a Juan Serrano, Alejandro Solórzano y Miguel Solano por su apoyo en el trabajo de campo. Marvin Hernández de la Municipalidad de San Carlos facilitó información catastral de las propiedades examinadas. Marcela Serna brindó sugerencias para mejorar el manuscrito.

Apéndice I

Cálculo de área de hábitat mínima para compensación

TABLA A1
Valores ponderados para el factor parcial representatividad. / **Table A1.** Mean values for the partial factor representativeness.

Criterio	Ponderación
Omisión (Son aquellas unidades de análisis que no tienen ninguna representatividad)	3.00
Muy alta insuficiencia (unidades de análisis que a pesar de tener algunos de sus territorios como áreas protegidas, estas no alcanzan las metas de conservación propuestas) (Alcanza hasta el 1% de la meta de Conservación)	2.50
Alta Insuficiencia (unidades de análisis que a pesar de tener algunos de sus territorios, como áreas protegidas, estas no alcanzan las metas de conservación propuestas) (Alcanza hasta el 10% de la meta de conservación)	2.00
Insuficiencia (unidades de análisis que a pesar de tener algunos de sus territorios, como áreas protegidas, estas no alcanzan las metas de conservación propuestas) (Alcanza hasta el 50% de la meta de conservación)	1.50
Baja insuficiencia (unidades de análisis que a pesar de tener algunos de sus territorios, como áreas protegidas, estas no alcanzan las metas de conservación propuestas) (Alcanza más del 50% de la meta de conservación)	1.25
Sin vacío (unidades de conservación, que poseen representatividades iguales o superiores a las metas de conservación definidas para cada una de ellas y que por tanto suponen cierta sostenibilidad para la conservación de la biodiversidad "in situ") (Alcanza la meta de conservación)	1.00

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). / Source: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

TABLA A2

Valores ponderados para el factor parcial rareza. / **Table A2.** Mean values for the partial factor rarity.

Ecosistema/bioma - distrito	Factor de compensación
Muy raro (distribución muy restringida) (<5%)	2.00
Raro (distribución restringida) (5 al 15%)	1.75
Distribución media (15 al 30%)	1.50
Distribución amplia (30 al 75%)	1.25
Distribución muy amplia (>75%)	1.00

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). / Source: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

TABLA A3

Valores ponderados para el factor parcial remanencia. / **Table A3.** Mean values for the partial factor remanence.

Remanencia de bioma/distritos biogeográficos	Factor de compensación
Muy alta ($\geq 90\%$)	3.00
Alta ($<90\% \geq 70\%$)	2.00
Media ($<90\% \geq 50\%$)	1.00
Baja ($<90\% \geq 30\%$)	2.00
Muy baja ($< 30\%$)	3.00

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). Source: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

TABLA A4

Valores ponderados para el factor parcial potencial de transformación. / **Table A4.** Mean values for the partial factor transformation potential.

Tasa de transformación anual de ecosistemas- biomas / distritos biogeográficos	Factor de compensación
Muy alto ($> 0.50\%$)	2.00
Alto ($<50\% \geq 0.20\%$)	1.75
Medio ($<0,20\% \geq 0.10\%$)	1.50
Bajo ($<0,10\% \geq 0.05\%$)	1.25
Muy bajo ($<0.05\%$)	1.00

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). / Source: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).



TABLA A5
Criterios de selección de propiedades potenciales para la compensación. / **Table A5.** Selection criteria for potential properties for compensation.

Criterio	Justificación
1. Área de la propiedad	Tamaño de la reserva se relaciona con mayor diversidad y mayor tiempo de sobrevida de las especies presentes. Se empleó el área mínima a compensar <i>Ac</i> como valor de selección para este criterio.
2. Perímetro	Efectos de margen y amenazas externas aumentan con mayor perímetro. Relación perímetro/área menor es lo deseable.
3. Cobertura boscosa distinguible	Mayor cobertura boscosa madura se relaciona con menor perturbación histórica del entorno
4. Conectividad a fragmentos boscosos grandes	Conectividad o cercanía a parches boscosos de importancia aumenta las posibilidades de sobrevida de poblaciones. Se relaciona también con mantenimiento de biodiversidad.
5. Grado de alteración en periferia	A mayor alteración en la periferia de la reserva, mayor número e intensidad de sus amenazas externas.
6. Representatividad de hábitat dominante	¿Qué tan único es el ambiente que protege la reserva?
7. Presencia de cuerpos de agua, lénticos o lóticos	Aguas superficiales permiten el mantenimiento de biodiversidad acuática, sirven de reservorio para comunidades terrestres, nutren acuíferos subterráneos.
8. Intereses turísticos o de conservación	Si hay interés turístico, la reserva tiene una mayor posibilidad de autofinanciamiento y gestión.
9. Tenencia de tierra	¿Es posible identificar los límites de la propiedad y su propietario?

TABLA A6

Propiedades examinadas como potenciales sitios para compensación. Punto representa la ubicación en mapa de la Figura 1. X-Y representa las coordenadas en CRTM05. C1: Extensión de cobertura boscosa (0 = cobertura boscosa < *Ac* (109 Ha); 1 = cobertura > *Ac*). C2: Conectividad a masas boscosas grandes y nivel de alteración en periferia (0=gran alteración en entorno. conectividad interrumpida a masas boscosas importantes; 1= conectividad y entorno menos intervenido). C3: Presencia de cuerpos de agua notables (0=no se identifican ni en hoja cartográfica ni en visita. 1=sistema hídrico evidente). C4: Tenencia de tierra: (0 = propietarios múltiples o desconocidos. gravámenes. o no información en registro público; 1= propiedad y propietario registrados). / **Table A6.** Properties examined as potential sites for compensation. Punto represents the location on the map in Figure 1. X-Y represents the coordinates in CRTM05. C1: Extent of forest cover (0 = forest cover < *Ac* (109 Ha); 1 = coverage > *Ac*). C2: Connectivity to large forest masses and level of alteration in the periphery (0=great alteration in the environment. interrupted connectivity to important forest masses; 1= connectivity and less intervened environment). C3: Presence of notable bodies of water (0=they are not identified on the cartographic sheet or during the visit. 1=obvious water system). C4: Land tenure: (0 = multiple or unknown owners. encumbrances. or no information in public registry; 1 = ownership and owner registered).

Punto	X-Y	# Finca	Extensión (ha)	Ubicación (Distrito)	C1 Área	C2 Conectividad	C3 Agua	C4 Tenencia	Total
1	418113.82 1210884.62	P004048	54.11	Caño Negro	0	0	0	1	1
2	419595.48 1211770.97	P000330	178.84	Caño Negro	1	0	1	0	2
3	420772.88 1209865.97	P000328	135.80	Caño Negro	1	1	1	0	3
4	424075.78 1207525.98	0199170	116.91	Los Chiles	1	0	1	1	3
5	434481.78 1218424.7	0428279	133.83	Los Chiles	1	0	0	1	2
6	434481.78 1218424.7	0184369	86.96	Los Chiles	0	0	0	0	0

Punto	X-Y	# Finca	Extensión (ha)	Ubicación (Distrito)	C1 Área	C2 Conectividad	C3 Agua	C4 Tenencia	Total
7	451918.40 1209640.50	358576	6.95	Pocosol	0	0	0	1	1
8	453886.24 1209276.70	532380	1.55	Pocosol	0	0	1	1	2
9	455457.21 1209772.80	322123	27.14	Pocosol	0	0	0	0	0
10	457888.08 1211591.81	527020	50.44	Buenavista	0	0	0	1	1
11	459249.47 1211436.68	Sin datos	Sin datos	Pocosol	ND	0	1	0	1
12	461233.41 1208534.21	272045	129.28	Pocosol	1	1	1	1	4
13	466207.58 1204724.20	202324	94.17	Cutris	0	1	1	0	2
14	467451.13 1202792.74	313325	170.26	Cutris	1	1	1	0	3
15	469176.66 1201869.32	394323	203.04	Cutris	0	1	1	1	3
16	471799.59 1200990.91	286653	120.94	Cutris	1	1	1	1	4
17	473589.47 1200305.65	184811	114.14	Cutris	1	1	0	1	3
18	473933.43 1198823.98	187569	105.85	Cutris	1	1	1	0	3
19	471631.55 1197104.19	Sin datos	Sin datos	Cutris	ND	1	0	0	1
20	472160.72 1194167.31	262865	85.24	Cutris	0	1	0	0	1
21	470970.09 1192950.22	315756	269.36	Cutris	0	1	1	1	3
22-A	468483.01 1193003.14	175853	100.54	Cutris	0	1	0	0	1
22-B	468483.01 1193003.14	175433	28.52	Cutris	0	1	0	1	2
23	467530.50 1190992.30	398932	112.80	Cutris	1	1	1	0	3
24	469832.38 1189298.97	170947	73.24	Cutris	0	1	0	0	1
25	465810.71 1185912.29	175391	121.52	Cutris	1	1	1	0	3
26	468271.34 1182075.83	352112	81.28	Cutris	0	1	1	0	1
27-A	470943.64 1180911.66	184287	225.25	Cutris	1	1	1	0	3
27-B	470943.64 1180911.66	184787	62.52	Cutris	0	1	0	0	1



Apéndice II

Atributos geológicos y biológicos de sitios de estudio

TABLA A1

Caracterización física de los sitios de estudio. Se indican atributos climáticos, geológicos e hidrológicos de Las Tablillas y los dos sitios con propiedades potenciales para compensación. T/T sh3-4 T/T h 1-2. / **Table A1.** Physical characterization of the study sites. Climatic, geological, and hydrological attributes of Las Tablillas and the two sites with potential properties for compensation are indicated.

Atributo	Sitio Las Tablillas	Sitio Tiricias	Sitio Chorreras
Evapotranspiración (mm/año)	1100 – 1200	1100 – 1200	1100 – 1200
Precipitación media (mm/año)	2000-3000	3000-4000	3000-4000
Número meses secos	4 a 5	1 a 2	1 a 2
Elevación (m.s.n.m.)	30–40	50 – 150	50 – 200
Unidad biótica	Tropical Subhúmedo	Tropical Húmedo	Tropical Muy Húmedo
Caracterización geológica	Se ubica en Fosa de Nicaragua, cubierta por depósitos sedimentarios aluviales intercalados con depósitos volcánicos Intergraben cuaternarios representados por piroclastos de color rojizo muy meteorizados en matriz limo arcillosa de alta plasticidad	Unidad <i>Basaltos Hito Sar</i> datada entre 12 y 15 millones de años, textura porfirítica, con abundantes megafenocristales de plagioclasa (10-20%), olivinos cloritizados (4-7 %), clinopiroxenos (1-3%) y magnetita (<1 %), en una matriz que varía de intergranular a intersertal constituida por microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno y minerales opacos.	Unidad <i>Piroclastos Avispas</i> . Cubren la mayor parte de la propiedad. Posee pósitos piroclásticos félsicos de flujos de bloques y cenizas, flujos de pómez, oleadas piroclásticas, depósitos de caída y lavas dacíticas-riolíticas. Unidad <i>Basaltos Jardin</i> , abarca un 40% de cobertura de la propiedad en su porción sur. Constituida por basaltos con megafenocristales de olivino (3–5%) con inclusiones de espinela cromífera y golfos de corrosión o reabsorción; trazas de plagioclasa, clinopiroxeno, magnetita y de biotita, en una matriz pilotaxítica a intersertal compuesta por microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno, olivino, minerales opacos y en ocasiones vidrio. Ambas unidades son del Mioceno inferior tardío.
Estructuras geológicas de importancia	No se observan. No hay fallas neotectónicas activas.	Existe una falla de desplazamiento de rumbo de tipo dextral que corta la propiedad en la parte sur. No se describen fallas neotectónicas activas en sitio.	Existe una falla de desplazamiento de rumbo de tipo dextral. Dentro de la zona de estudio, no se describen fallas Neotectónicas activas.

Atributo	Sitio Las Tablillas	Sitio Tiricias	Sitio Chorreras
Geomorfología	Destacan superficies plano-onduladas que dan origen a sectores inundables de tipo pantanoso y llanuras aluviales con intercalación de depósitos lacustres.	Topografía suavizada producto de la erosión intensa a la cual han estado expuestas las formaciones geológicas presentes	Topografía suavizada y plana en parte norte de la propiedad. Las zonas más elevadas se encuentran hacia el sector suroeste, alcanzando elevaciones cercanas a los 200 m.s.n.m.
Hidrología	Se localiza en sub-cuenca con longitud de > 1.0 km, con área de 3.3 km ² . La zona posee una altura media de 40 m.s.n.m., con pendiente media de alrededor de 1.17% que drena sus aguas hacia el Río Medio Queso, afluente del río San Juan. El sistema de drenaje predominante es de tipo dendrítico.	El área es drenada principalmente por la quebrada sin nombre, afluente del río Infiernillo, a su vez afluente del río San Juan. El sistema de drenaje predominante es de tipo subdendrítico. caudal base de 0.09 m ³ /seg y caudales de avenidas anuales según las observaciones de campo de hasta 11.40 m ³ /seg.	El río La Chorrera cruza la propiedad y drena las aguas de escorrentía superficial. El sistema de drenaje predominante es de tipo dendrítico, con caudal base de 0.24 m ³ /seg y caudales de avenidas anuales según las observaciones de campo de hasta 12.11 m ³ /seg.
Hidrogeología	Acuífero subterráneo. El modelo geo-eléctrico muestra 4 capas: 1) material con resistividad alta de 131.60 Ω.m, con un espesor aparente de 1.20 m, suelo de origen volcánico meteorizado con alto contenido de arcillas resistivas. 2) capa de 7.80 m de espesor y resistividad aparente de 38.88 Ω.m, correspondiente con depósitos volcánicos y aluviales finos no saturados. 3) capa de 7.33 m de espesor saturado (acuífero), con una resistividad aparente de 1.17 Ω.m. 4) capa poco resistiva considerada como un acuicludo, con una resistividad aparente de 26.41 Ω.m y de espesor desconocido.	Acuífero subterráneo. El modelo geo-eléctrico muestra 4 capas: 1) material con resistividad alta de 137.6 Ω.m, espesor de 0.71 m, suelo de origen volcánico meteorizado con alto contenido de arcillas resistivas. 2) material de 3.22 m de espesor y resistividad de 71.90 Ω.m, correspondiente con depósitos volcánicos tipo lavas meteorizadas. 3) capa de 10.86 m con una resistividad aparente de 3.11 Ω.m, correspondiente con saturación con agua de los depósitos volcánicos de los basaltos Hito Sar. 4) capa de resistividad aparente de 10.09 Ω.m indicativa de basamento local arcilloso tipo acuicludo no saturado.	No acuífero. El modelo geo-eléctrico muestra 3 capas: 1) material con resistividad alta de 651.00 Ω.m, con un espesor aparente de 0.84 m, suelo de origen volcánico con alto contenido de arcillas resistivas, 2) capa de 5.83 m de espesor y resistividad aparente de 284.10 Ω.m, correspondiente a depósitos volcánicos piroclásticos resistivos. 3) capa de depósitos piroclásticos gruesos con alteraciones hidrotermales que producen una baja en la resistividad de la roca preexistente, esta capa se puede considerar un basamento local.
Riesgo geológico	No existen riesgos geológicos eminentes en el sitio, solo el riesgo de inundación por anegamiento de la zona pantanosa.	Dos deslizamientos activos afectan las capas de suelo y la parte superior de las lavas las cuales se encuentran meteorizadas. El cauce tiene potencial alto a erosión.	No hay evidencia de deslizamientos importantes o zonas de inundación ni fallamiento neotectónicos que conformen áreas o zonas con riesgos geológicos significativos.
Tipo de suelo	Ultisoles	Ultisoles	Ultisoles



Atributo	Sitio Las Tablillas	Sitio Tiricias	Sitio Chorreras
Caracterización edáfica	<p>Horizonte A: Textura arcillosa, pH < 5.5 (fuertemente ácido). Altos contenidos de hierro y manganeso, poca presencia de fósforo, zinc y cobre. Materia orgánica (MO) de 3.06 % lo que indica la presencia de un suelo fértil.</p> <p>Horizontes B y C (1.5 m de profundidad): Textura es arcillosa, pH < 5.5, medianos contenidos de hierro y manganeso, bajos contenidos de zinc y cobre y sin presencia de fósforo. MO < 0.72%, lo que se interpreta como un horizonte poco fértil.</p>	<p>Horizonte A: Textura arcillosa limosa, pH < 5.5 (fuertemente ácidos). Altos contenidos de hierro, poca presencia de fósforo, zinc, cobre y manganeso. Con tenido de Materia Orgánica (MO) de 2.46%, por lo que es un horizonte fértil.</p> <p>Horizontes B y C: No muestras para análisis químico por tratarse de basaltos. MO < 1.31% lo que indica horizonte poco fértil a esa profundidad.</p>	<p>Horizonte A: Textura arcillosa, con pH < 5.5 (fuertemente ácidos). Altos contenidos de hierro, poca presencia de fósforo, zinc cobre y manganeso. Contenido de materia orgánica (MO) de 6.52% lo que indica la presencia de un suelo fértil.</p> <p>Horizontes B y C: Textura arcillosa pH < 5.5 (suelos fuertemente ácidos), con alto contenido de hierro y manganeso, sin presencia de fósforo y bajos contenidos de zinc y cobre. MO < 1.42% lo que indica horizonte poco fértil a esa profundidad.</p>
Usos del suelo	Bosque muy intervenido (9%), Pastizal/charral (45%), cultivos agrícolas (36%), Construcciones (10%)	Bosque intervenido (46%), bosque secundario (37%), Pastizal/charral (17%)	Bosque intervenido (44%), bosque secundario (43%), Pastizal/charral (13%)
Accesibilidad	La propiedad se encuentra dentro del RVSCFN. Su acceso es posible por Ruta nacional 35, asfaltada hasta sitio de segregación (puesto fronterizo)	La propiedad colinda al este con el RVSCFN y es accesible todo el año por la carretera de lastre desde Coopevega llega hasta la comunidad de Tiricias.	Colinda al norte con el RVSCFN. Su acceso es posible por la carretera que llega de Coopevega hasta la comunidad de San Antonio, pero el paso por esa ruta puede interrumpirse por caída de puentes.

TABLA A2
 Atributos de estructura de hábitat y riqueza de grupos indicadores en sitios de estudio. / **Table A2.** Habitat structure attributes and richness of indicator groups at study sites.

Atributo	Las Tablillas Charral-Tacotal	Las Tablillas Fragmento boscoso	Propiedad en Tiricías	Propiedad en Chorreras
Riqueza plantas vasculares	61	164	252	242
Habito de plantas	árboles (23%), arbusto (18%), bejucos (19%) hierbas (40%)	árboles (53%) arbusto (20%) bejucos (12%) hierbas (15%)	árboles (54%) arbusto (20%) bejucos (8%) hierbas (18%)	árboles (60%) arbusto (18%) bejucos (7%) hierbas (15%)
Altura media (\pm e.s.) a copa (m)	5.3 \pm 4.2	29.9 \pm 5.2		
Especies con árboles dominantes (DAP>40 cm)	3	26	26	35
Número de especies con información UICN	26	99	130	121
Estructura de hábitat	Al menos un estrato vertical	Al menos tres estratos verticales	Al menos cuatro estratos verticales	Al menos cuatro estratos verticales
Cobertura del dosel % (media \pm e.s.)	29.05 \pm 1.46	83.48 \pm 0.22	82.11 \pm 0.61	79.75 \pm 0.39
Profundidad de hojarasca (media \pm e.s.)	7.63 \pm 0.49 cm	5.50 \pm 0.23 cm	2.48 \pm 0.08 cm	1.85 \pm 0.06 cm
Reclutamiento de especies leñosas (# especies)	4	51	68	87
Riqueza de aves	21	--	81	61
Riqueza de anfibios	5	16	19	18
Riqueza de reptiles	3	9	15	18



TABLA A3
Plantas vasculares encontradas en los sitios de estudio. Se indica hábito, nivel de amenaza y densidad de madera (si aplica). Densidad de madera según base de datos Dryad (Zanne et al., 2009). / **Table A3.** Vascular plants found in the study sites. Habit, threat level, and wood density (if applicable) are indicated. Wood density according to the Dryad database (Zanne et al., 2009).

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Acanthaceae	<i>Ruellia terminalis</i>	Hierba		X			UICN/VU	
Achariaceae	<i>Carpotroche platyptera</i>	Hierba				X	UICN/LC	
Amaryllidaceae	<i>Crinum erubescens</i>	Hierba			X		INDT	
Anacardiaceae	<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Árbol	X	X	X	X	UICN/LC	0.3914
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.4570
Annonaceae	<i>Anaxagorea crassipetala</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.4801
Annonaceae	<i>Annona papilionella</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5111
Annonaceae	<i>Cymbopetalum costaricense</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5350
Annonaceae	<i>Desmopsis microcarpa</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.7641
Annonaceae	<i>Desmopsis sp</i>	Árbol				X	INDT	
Annonaceae	<i>Guatteria aeruginosa</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.5625
Annonaceae	<i>Guatteria diospyroides</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5625
Annonaceae	<i>Stenonona costaricensis</i>	Árbol				X	UICN/LC	
Annonaceae	<i>Xylopia frutescens</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.5933
Annonaceae	<i>Xylopia sericophylla</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.5400
Apocynaceae	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.6100
Apocynaceae	<i>Couma macrocarpa</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.4739
Apocynaceae	<i>Lacmellea panamensis</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.4713
Apocynaceae	<i>Malouetia guatemalensis</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.5266
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana alba</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.5247
Araceae	<i>Anthurium clavigerum</i>	Hierba		X			INDT	
Araceae	<i>Anthurium ochranthum</i>	Hierba				X	INDT	
Araceae	<i>Dieffenbachia grayumiana</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araceae	<i>Dieffenbachia oerstedii</i>	Hierba		X			INDT	
Araceae	<i>Heteropsis oblongifolia</i>	Bejuco			X	X	INDT	
Araceae	<i>Monstera glaucescens</i>	Hierba			X		INDT	
Araceae	<i>Monstera standleyana</i>	Hierba				X	INDT	

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Araceae	<i>Philodendron fragrantissimum</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araceae	<i>Philodendron grandipes</i>	Hierba			X		INDT	
Araceae	<i>Philodendron inaequilaterum</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araceae	<i>Philodendron opacum</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araceae	<i>Philodendron sp</i>	Hierba			X		INDT	
Araceae	<i>Rhodospatha sp</i>	Hierba			X		INDT	
Araceae	<i>Rhodospatha wendlandii</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araceae	<i>Spathiphyllum friedrichsthali</i>	Hierba			X		INDT	
Araceae	<i>Spathiphyllum laeve</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araceae	<i>Syngonium</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araceae	<i>Syngonium macrophyllum</i>	Hierba			X		INDT	
Araceae	<i>Syngonium schottianum</i>	Hierba			X	X	INDT	
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Árbol	X		X	X	INDT	0.4196
Araliaceae	<i>Dendropanax stenodontus</i>	Árbol	X		X		INDT	0.4197
Araceae	<i>Asterogyne martiana</i>	Palma				X	INDT	
Araceae	<i>Astrocaryum alatum</i>	Palma	X				INDT	0.5081
Araceae	<i>Astrocaryum standleyanum</i>	Palma	X				INDT	0.5081
Araceae	<i>Attalea butyracea</i>	Palma	X				INDT	0.3256
Araceae	<i>Bactris gracilior</i>	Palma			X		INDT	
Araceae	<i>Bactris hondurensis</i>	Palma			X	X	INDT	
Araceae	<i>Calyptrogyne ghiesbreghtiana</i>	Palma			X	X	INDT	
Araceae	<i>Chamaedorea deckeriana</i>	Palma			X	X	INDT	
Araceae	<i>Cryosophila guagara</i>	Palma	X				INDT	
Araceae	<i>Desmonicus schippii</i>	Palma			X		INDT	
Araceae	<i>Elais oleifera</i>	Palma	X				INDT	
Araceae	<i>Euterpe precatoria</i>	Palma				X	INDT	
Araceae	<i>Geonoma congesta</i>	Palma			X	X	INDT	
Araceae	<i>Geonoma deversa</i>	Palma			X		INDT	
Araceae	<i>Geonoma interrupta</i>	Palma			X		INDT	
Araceae	<i>Geonoma sp</i>	Palma	X			X	INDT	
Araceae	<i>Iriarteia deltoidea</i>	Palma				X	INDT	
Araceae	<i>Prestoea decurrens</i>	Palma				X	INDT	



Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Areaceae	<i>Reinhardtia latifolia</i>	Palma				X	INDT	
Areaceae	<i>Socratea exorrhiza</i>	Palma			X	X	INDT	
Areaceae	<i>Synechanthus warszewiczianus</i>	Palma				X	INDT	
Areaceae	<i>Welfia regia</i>	Palma			X	X	INDT	
Asteraceae	<i>Clibadium surinamense</i>	Arbusto	X				UICN/LC	
Asteraceae	<i>Cyanthillium cinereum</i>	Hierba	X				INDT	
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i>	Hierba	X				INDT	
Asteraceae	<i>Neurolaena lobata</i>	Hierba			X		INDT	
Asteraceae	<i>Sclerocarpus divaricatus</i>	Hierba	X				INDT	
Asteraceae	<i>Spiracantha cornifolia</i>	Hierba	X				INDT	
Bignoniaceae	<i>Amphitecna kennedyae</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4600
Bignoniaceae	<i>Amphitecna sp</i>	Arbusto				X	INDT	
Bignoniaceae	<i>Anemopaegma chrysoleucum</i>	Bejuco leñoso			X		INDT	
Bignoniaceae	<i>Anemopaegma orbiculatum</i>	Bejuco leñoso			X		INDT	
Bignoniaceae	<i>Callichlamys latifolia</i>	Bejuco leñoso			X	X	INDT	
Bignoniaceae	Handroanthus guayacae	Árbol		X			Vedada	0.8350
Bignoniaceae	<i>Parmentiera macrophylla</i>	Arbusto		X			UICN/LC	
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.5310
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Árbol	X				UICN/LC	0.2183
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.5203
Boraginaceae	<i>Cordia bicolor</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.4750
Boraginaceae	<i>Cordia cymosa</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5104
Boraginaceae	<i>Cordia dwyeri</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5104
Boraginaceae	<i>Cordia megalantha</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.3900
Boraginaceae	<i>Cordia porcata</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.5104
Boraginaceae	<i>Tournefortia maculata</i>	Arbusto		X			INDT	
Boraginaceae	<i>Varronia limnaei</i>	Arbusto	X				INDT	
Bromeliaceae	<i>Aechmea magdalenae</i>	Hierba				X	INDT	
Burseraceae	<i>Protium confusum</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.5757
Burseraceae	<i>Protium glabrum</i>	Árbol			X		INDT	0.5757
Burseraceae	<i>Protium panamense</i>	Árbol			X	X	UICN/NT	0.4523
Burseraceae	<i>Protium ravenii</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5757

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Burseraceae	<i>Tetragastris panamensis</i>	Árbol		X	X	X	INDT	0.7173
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.5890
Calophyllaceae	<i>Marila laxiflora</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Árbol	X		X		UICN/LC	0.3190
Capparaceae	<i>Cappariidastrum frondosum</i>	Arbusto		X			UICN/LC	
Capparaceae	<i>Preslianthus pittieri</i>	Arbusto			X		UICN/LC	
Celastraceae	<i>Tontelea hondurensis</i>	Bejuco leñoso		X		X	UICN/CR	0.7698
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella americana</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.6828
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella lensii</i>	Árbol			X	X	INDT	0.6828
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella triandra</i>	Árbol	X	X	X	X	UICN/LC	0.8172
Chrysobalanaceae	<i>Maranthes panamensis</i>	Árbol			X	X	INDT	0.8111
Chrysobalanaceae	<i>Moquilea belloii</i>	Árbol			X	X	INDT	
Clethraceae	<i>Clethra costaricensis</i>	Árbol			X	X	INDT	
Clusiaceae	<i>Chrysochlamys glauca</i>	Arbusto			X		UICN/LC	0.4300
Clusiaceae	<i>Chrysochlamys nicaraguensis</i>	Arbusto			X		UICN/LC	0.4300
Clusiaceae	<i>Dystovomitia paniculata</i>	Árbol			X	X	INDT	
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i>	Árbol		X	X	X	INDT	0.7267
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.6004
Combretaceae	<i>Combretum laxum</i>	Bejuco leñoso			X		UICN/LC	0.7912
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.6735
Combretaceae	<i>Terminalia bucidoides</i>	Árbol			X	X	UICN/EN	0.5547
Connaraceae	<i>Cnestidium rufescens</i>	Bejuco leñoso		X			INDT	
Connaraceae	<i>Rourea adenophora</i>	Bejuco leñoso		X			INDT	
Connaraceae	<i>Rourea surrensis</i>	Bejuco leñoso		X		X	INDT	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea squamosa</i>	Bejuco herbáceo	X				UICN/LC	
Costaceae	<i>Costus bracteatus</i>	Hierba			X		UICN/LC	
Costaceae	<i>Costus laevis</i>	Hierba		X			INDT	
Costaceae	<i>Costus malorteanus</i>	Hierba			X		UICN/LC	
Costaceae	<i>Costus sp</i>	Hierba			X		INDT	
Cyclanthaceae	<i>Asplundia sp1</i>	Hierba			X		INDT	
Cyclanthaceae	<i>Carludovica drudei</i>	Hierba			X		INDT	
Cyclanthaceae	<i>Asplundia uncinata</i>	Hierba				X	INDT	



Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Cyclanthaceae	<i>Carludovica drudei</i>	Hierba			X		INDT	
Cyclanthaceae	<i>Cyclanthus bipartitus</i>	Hierba			X	X	INDT	
Cyclanthaceae	<i>Dicranopygium umbrophilum</i>	Hierba				X	INDT	
Cyperaceae	<i>Becquerelia cymosa</i>	Hierba				X	INDT	
Cyperaceae	<i>Calyptrocarya glomerulata</i>	Hierba		X			INDT	
Cyperaceae	<i>Cyperus laxus</i>	Hierba	X				INDT	
Cyperaceae	<i>Hypolytrum longifolium</i>	Hierba		X			INDT	
Cyperaceae	<i>Rhynchospora cephalotes</i>	Hierba	X				INDT	
Cyperaceae	<i>Scleria microcarpa</i>	Hierba					UICN/LC	
Cyperaceae	<i>Scleria secans</i>	Hierba			X		UICN/LC	
Dichapetalaceae	<i>Dichapetalum</i>	Árbol				X	INDT	
Dichapetalaceae	<i>Dichapetalum grayumii</i>	Arbusto				X	INDT	
Dilleniaceae	<i>Davilla kunthii</i>	Bejuco leñoso			X	X	INDT	
Dilleniaceae	<i>Doliticarpus dentatus</i>	Bejuco leñoso	X	X	X	X	INDT	
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea sp</i>	Bejuco herbáceo				X	INDT	
Ebenaceae	<i>Diospyros diegna</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.7900
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea medusula</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.6221
Euphorbiaceae	<i>Acalypha arvensis</i>	Hierba	X				INDT	0.3000
Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i>	Arbusto		X	X	X	INDT	0.3000
Euphorbiaceae	<i>Acidoion nicaraguensis</i>	Arbusto		X			UICN/LC	
Euphorbiaceae	<i>Alchornea costaricensis</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.3014
Euphorbiaceae	<i>Conceveiba pleiostemona</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.2660
Euphorbiaceae	<i>Croton schiedeanus</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.5149
Euphorbiaceae	<i>Croton smithianus</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.5149
Euphorbiaceae	<i>Dalechampia scandens</i>	Bejuco herbáceo	X				UICN/LC	
Euphorbiaceae	<i>Dalechampia shankii</i>	Bejuco herbáceo			X		INDT	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Hierba	X				INDT	
Euphorbiaceae	<i>Heteronyma alchorneoides</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.6343
Euphorbiaceae	<i>Mabea occidentalis</i>	Árbol		X			INDT	0.6157
Euphorbiaceae	<i>Pausandra trianae</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5900
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.4153
Fabaceae	<i>Abarema macrademia</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.4383

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.6432
Fabaceae	<i>Balizia elegans</i>	Árbol			X		INDT	0.4951
Fabaceae	<i>Calopogonium mucunoides</i>	Bejuco herbáceo	X				INDT	
Fabaceae	<i>Cassia moschata</i>	Árbol	X	X			UICN/LC	0.8050
Fabaceae	<i>Centrosema molle</i>	Bejuco herbáceo	X				INDT	
Fabaceae	<i>Cojoba spA</i>	Arbusto				X	INDT	
Fabaceae	<i>Copaifera aromatica</i>	Árbol		X			Amenazada, UICN/LC	0.6200
Fabaceae	<i>Cynometra retusa</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.8028
Fabaceae	<i>Dalbergia melanocardium</i>	Árbol		X	X		UICN/EN	0.7846
Fabaceae	<i>Desmodium adscendens</i>	Hierba			X		UICN/LC	
Fabaceae	<i>Desmodium axillare</i>	Hierba			X		INDT	
Fabaceae	<i>Desmodium distortum</i>	Hierba	X				INDT	
Fabaceae	<i>Dialium guianense</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.8964
Fabaceae	<i>Dipteryx panamensis</i>	Árbol			X	X	VEDADA	0.8483
Fabaceae	<i>Dussia macroprophyllata</i>	Árbol			X	X	Amenazada	
Fabaceae	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Árbol	X		X	X	UICN/LC	0.6989
Fabaceae	<i>Erythrina cochleata</i>	Árbol				X	INDT	0.2875
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Árbol	X				UICN/LC	0.6174
Fabaceae	<i>Inga acuminata</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5798
Fabaceae	<i>Inga canonegrensis</i>	Árbol		X			UICN/VU	0.5798
Fabaceae	<i>Inga chocoensis</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5798
Fabaceae	<i>Inga laurina</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.5798
Fabaceae	<i>Inga leiocalycina</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5600
Fabaceae	<i>Inga peziifera</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.6067
Fabaceae	<i>Inga punctata</i>	Árbol				X	UICN/LC	
Fabaceae	<i>Inga sp</i>	Árbol			X		INDT	0.5798
Fabaceae	<i>Inga thibaudiana</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.5798
Fabaceae	<i>Leucaena multicapitula</i>	Árbol			X		UICN/NT	0.6800
Fabaceae	<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.7401
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.7401
Fabaceae	<i>Machaerium floribundum</i>	Bejuco leñoso		X			UICN/LC	0.8141
Fabaceae	<i>Machaerium isadelphum</i>	Bejuco leñoso	X				UICN/LC	0.8141



Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Fabaceae	<i>Machaerium kegelii</i>	Bejuco leñoso		X			UICN/LC	0.8141
Fabaceae	<i>Machaerium seemannii</i>	Bejuco leñoso			X		UICN/LC	0.8141
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Hierba	X				UICN/LC	
Fabaceae	<i>Ormosia intermedia</i>	Árbol				X	INDT	0.5906
Fabaceae	<i>Ormosia velutina</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.5906
Fabaceae	<i>Pentactethra macroloba</i>	Árbol			X	X	INDT	0.6034
Fabaceae	<i>Pterocarpus hayesii</i>	Árbol			X	X	INDT	0.5871
Fabaceae	<i>Pueraria phaseoloides</i>	Bejuco herbáceo	X				INDT	
Fabaceae	<i>Rhynchosia erythrinoides</i>	Bejuco leñoso		X			INDT	
Fabaceae	<i>Schnella guianensis</i>	Bejuco leñoso		X	X	X	INDT	
Fabaceae	<i>Schnella outimouta</i>	Bejuco leñoso				X	INDT	
Fabaceae	<i>Senegalia multipinnata</i>	Bejuco leñoso	X				INDT	0.6165
Fabaceae	<i>Senna cobanensis</i>	Arbusto					INDT	
Fabaceae	<i>Senna undulata</i>	Arbusto		X			UICN/LC	
Fabaceae	<i>Stryphnodendron microstachyum</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.3904
Fabaceae	<i>Swartzia nicaraguensis</i>	Árbol		X	X	X	INDT	0.8415
Fabaceae	<i>Tachigali costaricensis</i>	Árbol			X	X	Vedada, UICN/NT	0.5573
Fabaceae	<i>Vachellia ruddiae</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.7722
Fabaceae	<i>Vigna adenantha</i>	Bejuco herbáceo	X				UICN/LC	
Fabaceae	<i>Zygia gigantifoliola</i>	Árbol			X	X	INDT	0.8099
Gentianaceae	<i>Potalia turbinata</i>	Árbol					INDT	
Gentianaceae	<i>Yoyria tenella</i>	Hierba			X	X	INDT	
Gesneriaceae	<i>Besleria columneoides</i>	Arbusto			X	X	INDT	
Heliconiaceae	<i>Heliconia longiflora</i>	Hierba		X			INDT	
Hernandiaceae	<i>Heliconia longa</i>	Hierba			X		INDT	
Hernandiaceae	<i>Heliconia vaginatis</i>	Hierba			X	X	INDT	
Hernandiaceae	<i>Hernandia dichomantha</i>	Árbol		X	X	X	UICN/NT	0.2793
Humiriaceae	<i>Sacoglottis trichogyna</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.8005
Humiriaceae	<i>Vantanea barbourii</i>	Árbol			X	X	Amenazada, UICN/LC	0.7000
Hypericaceae	<i>Vismia macrophylla</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.4937
Icacinaceae	<i>Calatola costaricensis</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5653
Lacistemaaceae	<i>Lacistema aggregatum</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.5057

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Laciniaceae	<i>Lozamia pittieri</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	
Lamiaceae	<i>Aegiphila panamensis</i>	Arbusto			X		UICN/LC	0.6570
Lamiaceae	<i>Hypitys capitata</i>	Hierba	X				INDT	
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum pectinatum</i>	Hierba	X				INDT	
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum suaveolens</i>	Hierba	X				INDT	
Lauraceae	<i>Cinnamomum chavarrianum</i>	Árbol		X	X		UICN/VU	0.4704
Lauraceae	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Árbol	X		X	X	UICN/LC	0.4704
Lauraceae	<i>Licaria sarapiquensis</i>	Árbol			X		INDT	0.8088
Lauraceae	<i>Nectandra umbrosa</i>	Árbol			X		INDT	0.5753
Lauraceae	<i>Ocotea atirrensensis</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4800
Lauraceae	<i>Ocotea cernua</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.4537
Lauraceae	<i>Ocotea leucoxydon</i>	Árbol		X	X	X	INDT	0.5226
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5226
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	Árbol			X		INDT	
Lauraceae	<i>Ocotea sp. (enves blanco)</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5487
Lecythidaceae	<i>Eschweilera costaricensis</i>	Árbol			X	X	INDT	0.8281
Lecythidaceae	<i>Grias cauliflora</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.6200
Lecythidaceae	<i>Lecythis ampla</i>	Árbol			X	X	Amenazada	0.7500
Lepidobotryaceae	<i>Rupitilocarpon caracolito</i>	Árbol			X	X	INDT	
Loganiaceae	<i>Strychnos chlorantha</i>	Bejuco leñoso				X	INDT	
Loganiaceae	<i>Strychnos panamensis</i>	Bejuco leñoso			X		INDT	
Loganiaceae	<i>Strychnos peckii</i>	Bejuco leñoso		X		X	INDT	
Lygodiaceae	<i>Lygodium venustum</i>	Hierba		X			INDT	
Magnoliaceae	<i>Magnolia gloriensis</i>	Árbol			X	X	UICN/DD	0.4968
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Árbol	X		X		UICN/LC	0.5840
Malpighiaceae	<i>Heteropterys laurifolia</i>	Bejuco leñoso		X			UICN/LC	
Malpighiaceae	<i>Malpighia albiflora</i>	Arbusto		X			INDT	
Malpighiaceae	<i>Spaichea correae</i>	Árbol				X	UICN/VU	0.5950
Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon lindemanianum</i>	Bejuco herbáceo	X				INDT	
Malpighiaceae	<i>Tetrapterys timifolia</i>	Bejuco leñoso		X			INDT	
Malvaceae	<i>Apeiba membranacea</i>	Árbol	X		X		UICN/LC	0.2784



Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.3052
Malvaceae	<i>Goethalsia metantha</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.3494
Malvaceae	<i>Hampea appendiculata</i>	Árbol			X		INDT	0.2450
Malvaceae	<i>Herrania purpurea</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	
Malvaceae	<i>Luehea seemannii</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.4166
Malvaceae	<i>Melochia pyramidalata</i>	Hierba					UICN/LC	
Malvaceae	<i>Ochroma pyramidale</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.1575
Malvaceae	<i>Pavonia dasypetala</i>	Arbusto	X	X			UICN/LC	
Malvaceae	<i>Pavonia peruviana</i>	Hierba		X			INDT	
Malvaceae	<i>Pavonia sp</i>	Hierba				X	INDT	
Malvaceae	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Árbol		X			INDT	0.2138
Malvaceae	<i>Quararibea pumila</i>	Hierba		X	X		INDT	0.4920
Malvaceae	<i>Quararibea sp</i>	Hierba				X	INDT	
Malvaceae	<i>Sida hirsutissima</i>	Hierba	X				INDT	
Malvaceae	<i>Sterculia recortiana</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.4900
Malvaceae	<i>Trichospermum grevifolium</i>	Árbol		X	X		INDT	0.3132
Malvaceae	<i>Triumfetta lappula</i>	Arbusto	X				UICN/LC	
Malvaceae	<i>Wissadula excelstor</i>	Hierba	X				INDT	
Marantaceae	<i>Calathea gymnocarpa</i>	Hierba			X		INDT	
Marantaceae	<i>Calathea lasiostachya</i>	Hierba			X	X	INDT	
Marantaceae	<i>Calathea micans</i>	Hierba				X	INDT	
Marantaceae	<i>Calathea sp</i>	Hierba		X			INDT	
Marantaceae	<i>Ischnosiphon inflatus</i>	Hierba			X		INDT	
Marantaceae	<i>Monotagma plurispicatum</i>	Hierba		X			INDT	
Marantaceae	<i>Pleiostachya pruinosa</i>	Hierba		X			INDT	
Melastomataceae	<i>Clidemia crenulata</i>	Arbusto			X	X	INDT	
Melastomataceae	<i>Clidemia densiflora</i>	Arbusto				X	INDT	
Melastomataceae	<i>Conostegia speciosa</i>	Arbusto	X				INDT	
Melastomataceae	<i>Conostegia xalapensis</i>	Árbol				X	UICN/LC	
Melastomataceae	<i>Henriettea tuberculosa</i>	Arbusto				X	UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia affinis</i>	Arbusto			X		UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia appendiculata</i>	Arbusto			X		UICN/LC	0.6228

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	Arbusto	X	X			UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia commutata</i>	Árbol			X		INDT	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia cooperi</i>	Arbusto				X	INDT	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia formicosetosa</i>	Arbusto			X	X	INDT	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia grayumii</i>	Arbusto				X	INDT	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia hondurensis</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia lacea</i>	Arbusto			X		INDT	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia lateriflora</i>	Arbusto			X		UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia multispicata</i>	Arbusto			X	X	UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia nervosa</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia solearis</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Miconia sp</i>	Árbol					INDT	
Melastomataceae	<i>Miconia trinervia</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.6228
Melastomataceae	<i>Mouriri gleasoniana</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.8362
Melastomataceae	<i>Mouriri myrtilloides</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.8362
Melastomataceae	<i>Tococa guianensis</i>	Arbusto				X	UICN/LC	
Meliaceae	<i>Carapa nicaraguensis</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4200
Meliaceae	<i>Guarea bullata</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5604
Meliaceae	<i>Guarea grandifolia</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.5450
Meliaceae	<i>Guarea pterorhachis</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5604
Meliaceae	<i>Guarea sp</i>	Árbol		X		X	INDT	
Meliaceae	<i>Trichilia martiniana</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.4700
Meliaceae	<i>Trichilia quadrijinga</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.5484
Menispermaceae	<i>Abuta panamensis</i>	Bejuco leñoso		X		X	INDT	0.4500
Menispermaceae	<i>Anomospermum reticulatum</i>	Bejuco leñoso			X	X	INDT	0.6400
Menispermaceae	<i>Cissampelos pareira</i>	Bejuco leñoso	X				INDT	
Metteniusaceae	<i>Dendrobangia boliviana</i>	Árbol				X	INDT	0.6353
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.8435
Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.6555
Moraceae	<i>Castilla elastica</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5675
Moraceae	<i>Dorstenia choconiana</i>	Hierba			X		INDT	
Moraceae	<i>Ficus tonduzii</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.4116



Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Moraceae	<i>Maquira guianensis</i>	Árbol		X	X	X	INDT	0.7659
Moraceae	<i>Naucleopsis naga</i>	Árbol				X	INDT	0.6505
Moraceae	<i>Perebea hispidula</i>	Árbol			X	X	INDT	0.4878
Moraceae	<i>Pseudolmedia mollis</i>	Árbol			X	X	INDT	0.6444
Moraceae	<i>Pseudolmedia spuria</i>	Árbol			X	X	INDT	0.7500
Moraceae	<i>Sorocea pubivena</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.6083
Moraceae	<i>Trophis involucrata</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.5952
Moraceae	<i>Trophis racemosa</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.6592
Myristicaceae	<i>Compsonaura mexicana</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	
Myristicaceae	<i>Otoba novogranatensis</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.3500
Myristicaceae	<i>Virola koschnyi</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4078
Myristicaceae	<i>Virola multiflora</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4585
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4454
Myrtaceae	<i>Calyptranthes chytraculia</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.7833
Myrtaceae	<i>Calyptranthes lucida</i>	Árbol				X	INDT	
Myrtaceae	<i>Eugenia acapulcensis</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.7277
Myrtaceae	<i>Eugenia siggersii</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.7277
Myrtaceae	<i>Eugenia sp</i>	Árbol				X	INDT	
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.8000
Myrtaceae	<i>Myrciaria floribunda</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.7850
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Árbol	X				UICN/LC	0.6518
Nyctaginaceae	<i>Neea amplifolia</i>	Arbusto			X		UICN/LC	0.6299
Nyctaginaceae	<i>Neea elegans</i>	Arbusto			X		INDT	0.6299
Nyctaginaceae	<i>Neea laetevirens</i>	Árbol	X		X		UICN/LC	0.6299
Nyctaginaceae	<i>Neea stenophylla</i>	Arbusto		X	X		INDT	0.6299
Ochnaceae	<i>Cespedesia spathulata</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.6133
Ochnaceae	<i>Lacunaria panamensis</i>	Árbol					UICN/EN	
Ochnaceae	<i>Ouratea nitida</i>	Arbusto	X				UICN/LC	
Ochnaceae	<i>Quitina macrophylla</i>	Arbusto	X			X	UICN/LC	0.8615
Olacaceae	<i>Heisteria macrophylla</i>	Arbusto		X			INDT	0.6963
Olacaceae	<i>Heisteria scandens</i>	Arbusto		X	X		UICN/LC	
Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i>	Árbol			X	X	UICN/NT	0.7867

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i>	Hierba		X			UICN/LC	
Orchidaceae	<i>Prescottia stachyodes</i>	Hierba				X	CITES, Apéndice II	
Oxalidaceae	<i>Oxalis barrelieri</i>	Hierba	X				INDT	
Passifloraceae	<i>Passiflora pittieri</i>	Bejuco leñoso		X			INDT	
Passifloraceae	<i>Passiflora vitifolia</i>	Bejuco leñoso			X		INDT	
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus niruri</i>	Hierba	X				INDT	
Phyllanthaceae	<i>Richeria dressleri</i>	Arbusto				X	UICN/LC	0.5767
Piperaceae	<i>Peperomia pseudocasaretti</i>	Hierba			X		INDT	
Piperaceae	<i>Piper arctacuminatum</i>	Hierba			X		INDT	
Piperaceae	<i>Piper barbulatum</i>	Arbusto		X			INDT	
Piperaceae	<i>Piper cyanophyllum</i>	Arbusto		X			INDT	
Piperaceae	<i>Piper dariense</i>	Arbusto		X			INDT	
Piperaceae	<i>Piper melanocladum</i>	Arbusto		X		X	INDT	
Piperaceae	<i>Piper nudifolium</i>	Arbusto		X			INDT	
Piperaceae	<i>Piper sp2</i>	Arbusto		X			INDT	
Piperaceae	<i>Piper sp3</i>	Arbusto		X		X	INDT	
Piperaceae	<i>Piper sp4</i>	Arbusto		X			INDT	
Piperaceae	<i>Piper sp5</i>	Arbusto		X		X	INDT	
Piperaceae	<i>Piper sp6</i>	Arbusto		X			INDT	
Piperaceae	<i>Piper sp7</i>	Arbusto		X		X	INDT	
Piperaceae	<i>Piper urostachyum</i>	Arbusto		X		X	INDT	
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>	Hierba	X				INDT	
Poaceae	<i>Arthraxon hispidus</i>	Hierba	X				INDT	
Poaceae	<i>Guadua sp</i>	Hierba		X			INDT	
Poaceae	<i>Homolepis aturensis</i>	Hierba	X				UICN/LC	
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Hierba	X				INDT	
Poaceae	<i>Megathyrsus maximus</i>	Hierba	X				INDT	
Poaceae	<i>Orthocladia laxa</i>	Hierba		X			INDT	
Poaceae	<i>Pharus latifolius</i>	Hierba		X			UICN/LC	
Podocarpaceae	<i>Podocarpus guatemalensis</i>	Arbol				X	Vedada, UICN/VU	0.4776
Polygalaceae	<i>Securidaca diversifolia</i>	Bejuco leñoso	X			X	UICN/LC	
Polygonaceae	<i>Coccoloba acuminata</i>	Arbusto	X				UICN/LC	0.5800



Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Polygonaceae	<i>Coccoloba coronata</i>	Árbol	X				UICN/LC	0.6873
Polygonaceae	<i>Coccoloba tuerckheimii</i>	Árbol	X		X	X	UICN/LC	0.6017
Primulaceae	<i>Ardisia fimbriatifera</i>	Arbusto			X	X	UICN/LC	0.6017
Primulaceae	<i>Ardisia opegrapha</i>	Arbusto			X	X	UICN/LC	0.6017
Primulaceae	<i>Ardisia standleyana</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.6017
Primulaceae	<i>Clavija costaricana</i>	Arbusto			X	X	UICN/LC	0.6200
Primulaceae	<i>Parathesis microcalyx</i>	Arbusto		X	X	X	INDT	0.5089
Primulaceae	<i>Stylogyne turbacensis</i>	Arbusto		X	X	X	UICN/LC	0.6753
Proteaceae	<i>Panopsis acostana</i>	Árbol					UICN/LC	0.4946
Putranjovaceae	<i>Drypetes standleyi</i>	Árbol					UICN/LC	0.6312
Rhamnaceae	<i>Colubrina spinosa</i>	Arbusto	X		X	X	UICN/LC	0.7325
Rhizophoraceae	<i>Cassipourea killipii</i>	Árbol	X		X	X	UICN/LC	0.7600
Rubiaceae	<i>Alibertia atlantica</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.6250
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	Arbusto		X			UICN/LC	0.9750
Rubiaceae	<i>Amaioua glomerulata</i>	Arbusto		X			UICN/LC	0.7115
Rubiaceae	<i>Anyris pinnata</i>	Arbusto		X	X	X	UICN/LC	0.5567
Rubiaceae	<i>Chimarrhis latifolia</i>	Árbol	X		X	X	INDT	0.5841
Rubiaceae	<i>Chione venosa</i>	Árbol	X				INDT	0.5841
Rubiaceae	<i>Chomelia recordii</i>	Árbol	X				UICN/LC	0.5841
Rubiaceae	<i>Faramea myrticifolia</i>	Arbusto					UICN/LC	0.7250
Rubiaceae	<i>Faramea occidentalis</i>	Arbusto			X	X	INDT	0.6338
Rubiaceae	<i>Faramea suerrensii</i>	Arbusto					INDT	0.7433
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa panamensis</i>	Árbol					INDT	
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	Árbol	X	X	X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Geophila repens</i>	Hierba	X				INDT	
Rubiaceae	<i>Guettarda foliacea</i>	Árbol	X		X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Hamelia axillaris</i>	Arbusto					UICN/LC	
Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>	Arbusto	X				INDT	
Rubiaceae	<i>Hippotis panamensis</i>	Arbusto			X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Minacarpus hirtus</i>	Árbol	X				UICN/LC	
Rubiaceae	<i>Morinda panamensis</i>	Hierba	X				UICN/LC	0.4900
Rubiaceae	<i>Notopleura polyphlebia</i>	Árbol	X				INDT	
Rubiaceae	<i>Notopleura uliginosa</i>	Arbusto			X	X	INDT	

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Rubiaceae	<i>Palicourea beachiana</i>	Arbusto			X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Pentagonia donnell-smithii</i>	Arbusto			X		UICN/LC	
Rubiaceae	<i>Posoqueria grandiflora</i>	Árbol			X	X	INDT	0.5533
Rubiaceae	<i>Posoqueria latifolia</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.5699
Rubiaceae	<i>Psychotria chagrensis</i>	Arbusto			X		INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria elata</i>	Arbusto			X	X	UICN/LC	
Rubiaceae	<i>Psychotria glomerulata</i>	Arbusto			X		INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria graciliflora</i>	Arbusto			X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria grandis</i>	Arbusto		X	X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	Arbusto			X		INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria jimenezii</i>	Arbusto			X		INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria marginata</i>	Arbusto		X			UICN/LC	
Rubiaceae	<i>Psychotria microbotrys</i>	Arbusto		X		X	INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria nellii</i>	Arbusto			X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria panamensis</i>	Arbusto			X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria poeppigiana</i>	Arbusto		X	X	X	INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria racemosa</i>	Arbusto		X	X		INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria recordiana</i>	Arbusto			X		INDT	
Rubiaceae	<i>Psychotria suerrensii</i>	Arbusto		X	X	X	UICN/LC	
Rubiaceae	<i>Randia altiscandens</i>	Bejuco leñoso			X		INDT	0.6566
Rubiaceae	<i>Randia genipoides</i>	Arbusto		X	X		UICN/LC	0.6566
Rubiaceae	<i>Randia grandifolia</i>	Arbusto		X			UICN/LC	0.6566
Rubiaceae	<i>Ronabea emetica</i>	Hierba		X	X		INDT	
Rubiaceae	<i>Ronabea latifolia</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	
Rubiaceae	<i>Warszewiczia coccinea</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5565
Rutaceae	<i>Lubaria arensis</i>	Árbol			X	X	INDT	
Rutaceae	<i>Toxosiphon lindenii</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	
Rutaceae	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>	Árbol	X		X	X	INDT	
Rutaceae	<i>Zanthoxylum setulosum</i>	Árbol	X		X	X	INDT	0.6100
Sabiaceae	<i>Meliosma occidentalis</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5058
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5738
Salicaceae	<i>Casearia coronata</i>	Arbusto		X			UICN/LC	0.6272
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.7050



Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Salicaceae	<i>Hasseltia floribunda</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.5300
Salicaceae	<i>Laetia povedae</i>	Árbol			X	X	INDT	0.6481
Salicaceae	<i>Laetia procera</i>	Árbol			X	X	INDT	0.6481
Salicaceae	<i>Pleuranthodendron lindenii</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	
Salicaceae	<i>Ryania speciosa</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	
Salicaceae	<i>Zuelania guidentia</i>	Árbol		X			INDT	0.5626
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Árbol		X			INDT	0.6114
Sapindaceae	<i>Cupania glabra</i>	Árbol		X	X	X	UICN/LC	0.6114
Sapindaceae	<i>Cupania rufescens</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.6114
Sapindaceae	<i>Matayba clavelligera</i>	Arbusto		X			UICN/LC	0.7500
Sapindaceae	<i>Matayba scrobiculata</i>	Árbol				X	INDT	
Sapindaceae	<i>Paullinia bracteosa</i>	Bejuco leñoso		X	X		INDT	
Sapindaceae	<i>Paullinia sp</i>	Bejuco leñoso		X	X		INDT	
Sapindaceae	<i>Serjania atrolineata</i>	Bejuco leñoso	X	X			INDT	
Sapindaceae	<i>Serjania sp1</i>	Bejuco leñoso	X	X			INDT	
Sapindaceae	<i>Serjania sp2</i>	Bejuco leñoso		X			INDT	
Sapindaceae	<i>Serjania sp3</i>	Bejuco leñoso		X		X	INDT	
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sp</i>	Árbol				X	INDT	0.4300
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum venezuelanense</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.8100
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Árbol				X	INDT	
Sapotaceae	<i>Micropholis melinoniana</i>	Árbol					UICN/LC	
Sapotaceae	<i>Pouteria calistophylla</i>	Árbol				X	UICN/VU	0.7143
Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.7900
Sapotaceae	<i>Pouteria durlandii</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.6900
Sapotaceae	<i>Pouteria reticulata</i>	Árbol		X		X	UICN/LC	0.7939
Sapotaceae	<i>Pouteria sp</i>	Árbol			X	X	INDT	
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i>	Árbol			X	X	INDT	0.7685
Simaroubaceae	<i>Picramnia antidesma</i>	Árbol		X			UICN/LC	
Simaroubaceae	<i>Quassia amara</i>	Arbusto		X	X	X	INDT	
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	
Siparunaceae	<i>Siparuna thecaphora</i>	Arbusto		X	X	X	UICN/LC	0.6562
Smilacaceae	<i>Smilax domingensis</i>	Bejuco herbáceo			X		UICN/LC	

Familia	Especie	Hábito	Tablillas charral	Tablillas bosque	Tiricias	Chorreras	Amenaza	Densidad madera
Smilacaceae	<i>Smilax mollis</i>	Bejuco herbáceo			X		INDT	
Smilacaceae	<i>Smilax sp1</i>	Bejuco herbáceo		X			INDT	
Smilacaceae	<i>Smilax sp2</i>	Bejuco herbáceo			X		INDT	
Smilacaceae	<i>Smilax sp3</i>	Bejuco herbáceo				X	INDT	
Solanaceae	<i>Cestrum schlechtendalii</i>	Árbol			X		UICN/LC	
Solanaceae	<i>Solanum arboreum</i>	Árbol				X	UICN/LC	
Solanaceae	<i>Solanum jamaicense</i>	Arbusto	X				UICN/LC	
Solanaceae	<i>Solanum rovirosanum</i>	Arbusto		X			UICN/LC	
Staphyleaceae	<i>Staphylea occidentalis</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.3350
Symplocaceae	<i>Symplocos striata</i>	Árbol			X		INDT	0.5308
Ulmaceae	<i>Ampelocera macrocarpa</i>	Árbol		X	X		UICN/LC	0.6508
Urticaceae	<i>Cecropia hispidissima</i>	Árbol		X			UICN/LC	0.3404
Urticaceae	<i>Cecropia insignis</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.3178
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.3000
Urticaceae	<i>Coussapoa nymphaeifolia</i>	Árbol	X		X		INDT	0.4790
Urticaceae	<i>Myriocarpa longipes</i>	Árbol			X		UICN/LC	
Urticaceae	<i>Pourouma bicolor</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.3532
Urticaceae	<i>Pourouma minor</i>	Árbol				X	UICN/LC	0.4359
Urticaceae	<i>Ureva baccifera</i>	Arbusto		X			UICN/LC	
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Arbusto	X				INDT	
Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i>	Arbusto	X				INDT	
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Arbusto	X				INDT	
Verbenaceae	<i>Vitex cooperi Standl</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.5485
Violaceae	<i>Rinorea dasyadena</i>	Arbusto			X	X	UICN/LC	0.6705
Violaceae	<i>Rinorea deflexiflora</i>	Arbusto		X	X	X	INDT	0.5957
Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i>	Bejuco herbáceo	X				INDT	
Vochysiaceae	<i>Qualea sp</i>	Árbol			X	X	Amenazada UICN/LC	0.6468
Vochysiaceae	<i>Vochystia allenii</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4663
Vochysiaceae	<i>Vochystia ferruginea</i>	Árbol			X	X	UICN/LC	0.4102
Vochysiaceae	<i>Vochystia gentryi</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.4102
Vochysiaceae	<i>Vochystia guatemalensis</i>	Árbol			X		UICN/LC	0.3530
Zamiaceae	<i>Zamia neurophyllidia</i>	Hierba		X	X	X	CITES Apéndice II, UICN/VU	
TOTALES	511 especies		66	165	251	241		



TABLA A4

Lista de especies de aves registradas en cada sitio muestreado dentro del área de estudio para la evaluación de compensación ambiental producto de la segregación del área en el sitio Las Tablillas. / **Table A4.** List of bird species recorded at each site sampled within the study area for the evaluation of environmental compensation resulting from the segregation of the area at Las Tablillas site.

Especie	Tablillas	Tiricias	Chorreras	Carmen
<i>Euphonia gouldi</i>		X	X	
<i>Chloroceryle aenea</i>		X	X	
<i>Leptotrygon veraguensis</i>			X	
<i>Brotogeris jugularis</i>		X	X	
<i>Icterus galbula</i>			X	
<i>Saltator maximus</i>		X		X
<i>Campephilus guatemalensis</i>		X	X	
<i>Patagioenas cayennensis</i>		X		
<i>Thraupis palmarum</i>				X
<i>Cantorchilus modestus</i>		X		
<i>Patagioenas flavirostris</i>		X	X	
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	X			
<i>Ceratopipra mentalis</i>			X	
<i>Amazona autumnalis</i>		X	X	
<i>Rupornis magnirostris</i>	X	X		X
<i>Columbina talpacoti</i>		X		X
<i>Poliocrania exsul</i>		X	X	X
<i>Baryphthengus martii</i>		X	X	
<i>Falco rufigularis</i>		X		
<i>Celeus castaneus</i>		X		
<i>Rhytipterna holerythra</i>		X		
<i>Amazilia tzacatl</i>		X	X	X
<i>Patagioenas speciosa</i>		X		
<i>Cantorchilus nigricapillus</i>		X	X	
<i>Psarocolius wagleri</i>			X	
<i>Phaeochroa cuvierii</i>				X
<i>Cacicus uropygialis</i>			X	
<i>Setophaga pensylvanica</i>			X	
<i>Ramphocelus passerinii</i>		X		X
<i>Cyanerpes lucidus</i>			X	
<i>Celeus loricatus</i>			X	
<i>Turdus grayi</i>				X
<i>Patagioenas nigrirostris</i>		X	X	X
<i>Poecilotriccus sylvia</i>			X	
<i>Xiphorhynchus susurrans</i>		X	X	X
<i>Trogon massena</i>		X		
<i>Nyctidromus albicollis</i>		X	X	
<i>Todirostrum cinereum</i>		X	X	X
<i>Egretta thula</i>	X			
<i>Myiozetetes similis</i>		X	X	X
<i>Caracara cheriway</i>				X

Especie	Tablillas	Tiricias	Chorreras	Carmen
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>				X
<i>Psittacara finschi</i>		X		X
<i>Hylophylax naevioides</i>			X	
<i>Thalurania colombica</i>			X	
<i>Microrhophias quixensis</i>			X	
<i>Xiphorhynchus erythropygus</i>			X	
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>		X		X
<i>Coragyps atratus</i>	X	X		X
<i>Ciccaba nigrolineata</i>		X	X	
<i>Cercomacroides tyrannina</i>		X	X	
<i>Myiarchus tuberculifer</i>				X
<i>Cantorchilus thoracicus</i>		X	X	
<i>Trogon caligatus</i>		X	X	
<i>Phaethornis striigularis</i>			X	
<i>Stilpnia larvata</i>		X		X
<i>Mniotilta varia</i>		X		
<i>Buteo plagiatus</i>				X
<i>Myiodynastes luteiventris</i>		X		
<i>Melanerpes pucherani</i>			X	X
<i>Myiozetetes granadensis</i>				X
<i>Piranga rubra</i>	X			
<i>Geothlypis poliocephala</i>		X		
<i>Elanoides forficatus</i>				X
<i>Saltator coerulescens</i>		X		
<i>Leiothlypis peregrina</i>				X
<i>Thamnophilus atrinucha</i>		X		
<i>Sporophila funerea</i>		X		X
<i>Ardea herodias</i>	X			
<i>Egretta tricolor</i>	X		X	
<i>Polioptila plumbea</i>		X		X
<i>Nycticorax nycticorax</i>	X			
<i>Myiarchus crinitus</i>			X	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	X			
<i>Ardea alba</i>	X			X
<i>Contopus cinereus</i>		X		
<i>Ara ambiguus</i>		X	X	X
<i>Cathartes aura</i>	X	X	X	X
<i>Arremonops conirostris</i>		X	X	
<i>Pitangus sulphuratus</i>		X		X
<i>Sporophila corvina</i>		X		
<i>Tinamus major</i>			X	
<i>Eudocimus albus</i>		X	X	X
<i>Henicorhina leucosticta</i>		X		X
<i>Manacus candei</i>	X			
<i>Streptoprocne zonaris</i>			X	
<i>Pionus senilis</i>			X	



Especie	Tablillas	Tiricias	Chorreras	Carmen
<i>Monasa morphoeus</i>		X	X	
<i>Notharchus hyperrhynchus</i>		X	X	
<i>Tachyphonus luctuosus</i>		X		
<i>Quiscalus mexicanus</i>				X
<i>Laterallus albigularis</i>			X	
<i>Leptotila verreauxi</i>		X		
<i>Trogon rufus</i>		X	X	
<i>Butorides virescens</i>	X			
<i>Capsiempis flaveola</i>		X		
<i>Vireolanius pulchellus</i>			X	
<i>Setophaga petechia</i>	X	X	X	X
<i>Elaenia flavogaster</i>				X
<i>Euphonia luteicapilla</i>		X		
<i>Crotophaga sulcirostris</i>		X		X
<i>Tiaris olivacea</i>	X	X	X	X
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>		X		
<i>Troglodytes aedon</i>	X	X		X
<i>Ramphastos sulfuratus</i>		X	X	X
<i>Ramphastos ambiguus</i>				X
<i>Pachysylvia decurtata</i>		X	X	X
<i>Vireo flavifrons</i>				X
<i>Setophaga fusca</i>		X		
<i>Cathartes burrovianus</i>	X			
<i>Dryocopus lineatus</i>		X		
<i>Crypturellus soui</i>		X		X
<i>Dacnis cayana</i>		X	X	
<i>Ramphocaenus melanurus</i>		X	X	
<i>Phaethornis longirostris</i>			X	
<i>Tachycineta albilinea</i>	X	X		X
<i>Volatinia jacarina</i>		X		X
<i>Tityra semifasciata</i>				X
<i>Thraupis episcopus</i>	X	X		X
<i>Megarynchus pitangua</i>		X	X	
<i>Amazona farinosa</i>		X		
<i>Psarocolius montezuma</i>		X	X	X
<i>Sporophila moreletii</i>	X	X		X
<i>Attila spadiceus</i>			X	
<i>Glaucis aeneus</i>		X		
<i>Sporophila nuttingi</i>				X
<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>		X		
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	X			
<i>Jacana spinosa</i>		X		
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>		X		
<i>Phaenostictus mcleannani</i>		X		
<i>Mionectes oleagineus</i>			X	
TOTAL ESPECIES	21	81	61	52

TABLA A5

Lista de especies de anfibios y reptiles en los sitios de estudio. Los valores asignados al índice EVS (Sasa et al., 2010) están en una escala invertida, por lo que conforme el grado de restricción del componente aumenta, el valor decrece. Categorías de la lista roja de la UICN: 1 = Datos Insuficientes; 2 = Preocupación Menor; 3 = Casi Amenazado; 4 = Vulnerable. El total de especies se puede ver en la última fila. / **Table A5.** List of amphibian and reptile species at the study sites. The values assigned to the EVS index (Sasa et al., 2010) are on an inverted scale, so as the degree of restriction of the component increases, the value decreases. IUCN Red List categories: 1 = Data Deficient; 2 = Least Concern; 3 = Near Threatened; 4 = Vulnerable. The total of species can be seen in the last row.

Taxon	Tablillas charral	Tablillas Fragmentos	Tiricias	Chorreras	EVS	UICN
CLASE AMPHIBIA						
BUFONIDAE						
<i>Rhinella horribilis</i>	X	X	X	X	4	2
<i>Incilius coniferus</i>			X	X	6	2
<i>Incilius valliceps</i>		X			10	2
<i>Rhaebo haematiticus</i>				X	7	2
CENTROLENIDAE						
<i>Espadarana prosoblepon</i>			X	X	6	2
CRAUGASTORIDAE						
<i>Craugastor bransfordii</i>			X	X	12	2
<i>Craugastor crassidigitus</i>			X		11	2
<i>Craugastor fitzingeri</i>		X	X	X	8	2
<i>Craugastor megacephalus</i>			X	X	11	2
<i>Craugastor noblei</i>				X	11	2
<i>Pristimantis cerasinus</i>			X			
DENDROBATIDAE						
<i>Dendrobates auratus</i>				X	15	2
<i>Oophaga pumilio</i>			X	X	15	2
ELEUTHERODACTYLIDAE						
<i>Diasporus diastema</i>			X	X	10	2
HYLIDAE						
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>		X			9	2
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	X				8	2
<i>Dendropsophus phlebodes</i>		X			8	2
<i>Hypsiboas rufitelus</i>		X	X	X	11	2
<i>Scinax boulengeri</i>		X			7	2
<i>Scinax elaeochroa</i>		X	X		7	2
<i>Scinax staufferi</i>	X	X			9	2
<i>Smilisca sordida</i>			X	X	7	2
PHYLLOMEDUSINAE						
<i>Agalychnis callidryas</i>	X	X	X	X	9	2
LEPTODACTYLIDAE						
<i>Leptodactylus melanotus</i>	X	X	X	X	8	2
<i>Leptodactylus poecilochilus</i>		X			7	2
<i>Leptodactylus savagei</i>		X	X	X	7	2
RANIDAE						
<i>Lithobates forreri</i>	X	X			7	2
<i>Lithobates vaillanti</i>		X	X	X	7	2
<i>Lithobates warszewitschii</i>		X	X	X	4	3



Taxon	Tablillas charral	Tablillas Fragmentos	Tiricias	Chorreras	EVS	UICN
CLASE REPTILIA						
ORDEN CROCODILIA						
ALLIGATORIDAE						
<i>Caiman crocodilus</i>		X			11	3
ORDEN SQUAMATA						
CORYTOPHANIDAE						
<i>Basiliscus plumifrons</i>				X	12	2
<i>Basiliscus vittatus</i>			X	X	12	2
GEKKONIDAE						
<i>Hemidactylus frenatus</i>	X		X		11	2
SPHAERODACTYLIDAE						
<i>Gonatodes albogularis</i>	X	X	X	X	10	2
<i>Sphaerodactylus millepunctatus</i>		X	X		10	1
IGUANIDAE						
<i>Iguana iguana</i>			X		13	2
POLYCHROTIDAE						
<i>Anolis biporcatus</i>			X	X	8	2
<i>Anolis capito</i>					9	2
<i>Anolis humilis</i>			X	X	8	2
<i>Anolis limifrons</i>	X	X	X	X	8	2
SCINCIDAE						
<i>Marisora unimarginata</i>			X	X	6	2
<i>Scincella cherriei</i>				X	7	2
TEIIDAE						
<i>Holcosus festivus</i>			X	X	9	2
SUBORDEN SERPENTES						
COLUBRIDAE						
<i>Chironius grandisquamis</i>			X	X	8	2
<i>Leptophis nebulosus</i>		X	X		6	2
<i>Mastigodryas melanolomus</i>				X	5	2
<i>Phrynonax poecilonotus</i>			X		8	2
<i>Spilotes pullatus</i>				X	9	4
<i>Enuliophis sclateri</i>				X	9	2
<i>Imantodes cenchoa</i>		X	X	X	6	2
<i>Leptodeira septentrionalis (ornata)</i>			X	X	8	2
<i>Ninia sebae</i>				X	11	2
ELAPIDAE						
<i>Micrurus alleni</i>		X			13	2
VIPERIDAE						
<i>Bothriechis schlegelii</i>				X	10	4
<i>Bothrops asper</i>		X	X	X	10	2
<i>Porthidium nasutum</i>				X	12	2
ORDEN TESTUDINATA						
EMYDIDAE						
<i>Trachemys grayi</i>		X			15	2
TOTAL DE ESPECIES	9	25	34	36		

REFERENCIAS

- Aiama, D., Edwards, S., Bos, G., Ekstrom, J., Krueger, L., Quétier, F., Savy, C., Semroc, B., Sneary, M., & Bennun, L. (2015). *No net loss and net positive impact approaches for biodiversity: Exploring the potential application of these approaches in the commercial agriculture and forestry sectors*. International Union for Conservation of Nature, Gland, Suiza. <https://portals.iucn.org/library/node/45105>
- Alvarado, F. (1984). Vulcanismo del Plio-Pleistoceno en la cuenca de Limón. En P. Sprechmann (Ed.) *Manual de Geología de Costa Rica* (Vol. 1: Estratigrafía, pp. 259-262). Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Alvarado, G. E., Obando, G. & Alfaro, A. (2005). Geología y evolución magmática del Arco de Sarapiquí. *Revista Geológica de América Central*, 32, 13–31.
- Ariza-Pardo, D. M., & Moreno-Hincapié, J. C. (2017). *Análisis comparativo sobre compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad en el contexto nacional e internacional*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5408>
- Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (1992, 7 de diciembre). Ley No. 7317. *Ley de Conservación de la Vida Silvestre*. Diario oficial La Gaceta 235. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=12648&nValor3=92418
- Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (1995, 13 de noviembre). Ley No. 7554. *Ley Orgánica del Ambiente*. Diario Oficial La Gaceta 215. https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=27738&nValor3=93505&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (1998, 27 de mayo). Ley No. 7788. *Ley de Biodiversidad*. Diario Oficial La Gaceta 101. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=0&strTipM=TC
- Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (2010, 16 de abril). Ley No. 8803. *Ley para Regular la Creación y el Desarrollo del Puesto Fronterizo las Tablillas*. Diario Oficial La Gaceta 125. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68226
- Bolaños, R., Watson, V., & Tosi, J. (2005). *Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida, según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de LR Holdridge)*, Escala 1: 750 000. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.
- Bonilla, F., Oviedo-Brenes, F., Beneyto-Garrigos, D., Arévalo, J. E., Morales-Gutiérrez, L., Serrano-Sandí, J., & Sasa, M. (2022). Aplicación del Método Hectárea de Hábitat en compensación ambiental: El caso del Embalse Río Piedras, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 70(1), e52283.
- Bonilla, F., Monrós, J. S., & Sasa, M. (2022). Bases conceptuales para la compensación ambiental bajo el enfoque ecológico. *Revista de Biología Tropical*, 70(1), e52281.
- Business and Biodiversity Offsets Programme. (2012a). *Resource paper: No net loss and loss gain calculations in biodiversity offsets*. Forest Trends, Washington D.C., EE.UU. http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_3103.pdf
- Business and Biodiversity Offsets Programme. (2012b). *Resource paper: limits to what can be offset*. Forest Trends, Washington D.C., EE.UU. http://bbop.forest-trends.org/guidelines/Resource_Paper_Limits.pdf
- Castaño-Villa, G. J. (2005). Áreas protegidas, criterios para su selección y problemáticas en su conservación. *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 10, 79–102.
- Castro-Calle, C. E. (2018). *Análisis de las condiciones por las que fracasaron la mayoría de los proyectos productivos que percibieron fondos de compensación ambiental, en el cantón Sevilla de Oro provincia de Azuay*. [Tesis de Maestría, Universidad Estatal de Milagro]. Repositorio institucional de la Universidad Estatal de Milagro <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3890>
- CESRI. (2011). *ArcGIS Desktop: Release 10*. University of Redlands.
- Cienfuegos, I. A. V., & Medina, G. A. V. (2021). Estudio del costo de oportunidad de potenciales contribuyentes en las microcuencas Atunmayo y Copallin. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(2), 70–76
- CITES. (s.f.). L. D. E. Checklist of CITES species lista de especies CITES. Recuperado 31 de octubre del 2022. <https://cites.org/>
- Cole, S. G. (2021). *Environmental Compensation is not for the Birds: Assessing social welfare impacts of resource-based environmental compensation*. [Tesis Doctoral, Swedish University of Agricultural Sciences]. Repositorio institucional de Swedish University of Agricultural Sciences <https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=79030>
- Constitución Política de la República de Costa Rica. (1949, 7 de noviembre). Editorial Justicia.
- Cowell, R. (1997). Stretching the limits: environmental compensation, habitat creation and sustainable



- development. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 22, 292–306.
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G. (2003). *Atlas tectónico de Costa Rica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Denyer, P., & Alvarado, G.A. (2007). *Mapa Geológico de Costa Rica. Escala 1:400000*. Oficializado por la Dirección de Geología y Minas. Librería Francesa, San José, Costa Rica.
- Desment, P. & Cowling, R. (2004). Using the species–area relationship to set baseline targets for conservation. *Ecology and Society*, 9(2), 11.
- Díaz-Reyes, C. E. (2014). *Enfoques teóricos y metodológicos de las compensaciones ambientales en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Colombia <http://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52252>
- Diniz, M. B., Alves, V. D. P., & Diniz, M. J. T. (2019). ¿Refleja el uso de la tierra en la Amazonia un fallo del mercado? Un análisis de los servicios ambientales de la Amazonia desde la perspectiva del costo de oportunidad. *Revista de la CEPAL*, 126, 109.
- Enríquez-de-Salamanca, Á., & Medioambiental, S. L. (2016). *Hacia un esquema integrado de compensación ambiental: la unificación de los bancos de conservación y los mercados de carbono*. Conama.
- García-Morales, R., Moreno, C. E., & Bello-Gutiérrez, J. (2011). Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: el número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *Therya*, 2(3), 205–215.
- Gazel, E., Alvarado, G. E., Obando, J., & Alfaro, A. (2005). Geología y evolución magmática del arco de Sarapiquí, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 32, 13–31.
- González-Díaz, B. (2000). *El coste de oportunidad como herramienta empresarial*. Universidad de Oviedo, Facultad de Ciencias Económicas. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/45785/d202_00.pdf;jsessionid=542CA251F366613FE16D534C694A03A1?sequence=1
- González-Gamboa, V. (2019). *Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. La piña en Costa Rica: Ubicando conflictos ambientales en áreas silvestre protegidas y ecosistemas de humedal*. Programa Estado de la Nación.
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2011). Estimating species richness. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*, 12, 39–54.
- Gotelli, N. J. & Ellison, A. M. (2013). EcoSimR 1.00. <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>
- Guariguata, M. R., & Ostertag, R. (2001). Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest ecology and management*, 148(1–3), 185–206.
- Herrera, W., & Gómez, L. D. (1993). *Mapa de unidades bióticas de Costa Rica. Escala 1: 685.000*. Instituto Nacional de Biodiversidad, San José, Costa Rica.
- López-Arbeláez, D. M. L., & Quintero-Sagre, J. D. Q. (2015). Compensaciones de biodiversidad: experiencias en Latinoamérica y aplicación en el contexto colombiano. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 159–177.
- Marín-Cortés, J. (2017). *Evaluación del costo de oportunidad dentro de un programa de pago por servicios ambientales: estudio de caso de BanCO2 en Antioquia*. [Tesis de Grado, Universidad de los Andes]. Repositorio institucional de la Universidad de los Andes <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/61264/12323.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- May, P. M., Soares-Filho, B. S., & Strand, J. (2013). How Much is the Amazon Worth? The State of Knowledge Concerning the Value of Preserving Amazon Rainforests. *World Bank Policy Research Working Paper*, 6668. <https://ssrn.com/abstract=2343709>
- Mayhew, R. J., Tobias, J. A., Bunnefeld, L., & Dent, D. H. (2019). Connectivity with primary forest determines the value of secondary tropical forests for bird conservation. *Biotropica*, 2019, 1–15.
- Mendoza-Veirana, G., Perdomo, S., & Ainchil, J. (2022). Determinación de la geometría del basamento hidrogeológico en la Cuenca Interserrana mediante SEV. *Tecnología y ciencias del agua*, 13(3), 142–173.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2012). *Manual para la asignación por compensaciones por pérdida de biodiversidad*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, República de Colombia. http://www.tremarctoscolombia.org/pdf/MANUAL_compensaciones%20Final.pdf
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2013). *Plan de Abordaje Integral para el Desarrollo del Cordón Fronterizo Norte*. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto. (1990). *Acuerdo sobre áreas protegidas fronterizas entre Costa Rica y Nicaragua*. Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto <https://www.rree.go.cr/?sec=exterior&cat=convenios&cont=610&instrumento=670>
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Quintero-Vallejo, E., & Ramírez, W. (2017). *La restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia: Un análisis crítico*. CIFOR. <https://www.andi.com.co/Uploads/19.%20La%20>



restauraci%C3%B3n%20en%20el%20marco%20de%20las%20compensaciones.pdf

- Naidoo, R., Balmford, A., Ferraro, P. J., Polasky, S., Ricketts, T. H., & Rouget, M. (2006). Integrating economic costs into conservation planning. *Trends in ecology & evolution*, 21(12), 681–687.
- NOTIO Gestión Estudios y Proyectos S.A. (2016). *Plan General de Manejo y Propuesta de Ley de Régimen Especial para la Administración Institucional conjunta del Refugio Nacional de Vida Silvestre Corredor Fronterizo Norte*. Informe Final Proyecto de Ley.
- Núñez-Solís, J. (2000). *Fundamentos de Edafología*. EUNED.
- Ortiz-Malavasi, E. (2014). *Atlas Digital de Costa Rica*, 4 edición 2014. http://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/2330
- Osuri, A. M., Mendiratta, U., Naniwadekar, R., Varma, V., & Naeem, S. (2020). Hunting and Forest Modification Have Distinct Defaunation Impacts on Tropical Mammals and Birds. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, 87. doi:10.3389/ffgc.2019.00087
- Parkes, D., Newell, G., & Cheal, D. (2003). Assessing the quality of native vegetation: The ‘habitat hectares’ approach. *Ecological Management and Restoration*, 4, S29–S38
- Pearce, D. & Markandya, A. (1987). Marginal opportunity cost as a planning concept in natural resource management. *The Annals of Regional Science*, 21, 18–32.
- Pilgrim, J. D., Brownlie, S., Ekstrom, J. M., Gardner, T. A., von-Hase, A., Kate, K. T., Savy, C. E., Stephens, R. T., Temple, H. J., Treweek, J., Ussher, G. T., & Ward, G. (2013). A process for assessing the offsetability of biodiversity impacts. *Conservation Letters*, 6(5), 376–384.
- Poder Ejecutivo. (1994, 9 de marzo). Decreto No. 22962-MIRENEM. *Declaración Refugio Nacional de Vida Silvestre al corredor fronterizo conformado por los terrenos comprendidos a lo largo de la frontera con Nicaragua desde Punta Castilla en el Mar Caribe hasta Bahía Salinas en el Océano Pacífico*. Diario Oficial La Gaceta 48. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=59340
- Quesada-Monje, R. (2004). Especies forestales vedadas y bajo otras categorías de protección en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(2), 84–88.
- Quetier, F., & Lavorel, S. (2011). Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes: Key issues and solutions. *Biological Conservation*, 144, 2991–2999.
- Quintana-Ascencio, P. F., González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Domínguez-Vázquez, G., & Martínez-Ico, M. (1996). Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from milpa fields at the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 28(2), 192–209.
- Ramírez-Brenes, J. C., & Ulate-Hernandez, A. (2015). Aportes de los actores locales para una agenda binacional de desarrollo local transfronterizo: Situaciones problemáticas en las comunidades fronterizas costarricenses con Nicaragua. *Aldea Mundo*, 20(39), 55–63.
- Rojas-Chaves, P. A., Vílchez-Alvarado, B., Moya-Roque, R., & Sasa-Marín, M. (2015). Combustibles forestales superficiales y riesgo de incendio en dos estadios de sucesión secundaria y bosques primarios en el Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(29), 29–45.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Rivard, B., Calvo, J., & Moorthy, I. (2002). Dynamics of tropical deforestation around national parks: remote sensing of forest change on the Osa Peninsula of Costa Rica. *Mountain Research and Development*, 22(4), 352–358.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Daily, G. C., Pfaff, A. S., & Busch, C. (2003). Integrity and isolation of Costa Rica’s national parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change. *Biological Conservation*, 109(1), 123–135.
- Sasa, M., & Solórzano, A. (1995). The reptiles and amphibians of Santa Rosa National Park, Costa Rica, with comments about the herpetofauna of xerophytic areas. *Herpetological Natural History*, 3(2), 113–126.
- Sasa, M., Chaves, G & Porras, L. W. (2010). The Costa Rican herpetofauna: Conservation status and future perspectives. In L. D. Wilson, J. H. Townsend, & J. D. Johnson (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles* (pp 509–603). Eagle Mountain Publications.
- Sasa, M., Oviedo-Brenes, F., Beneyto-Garrigos, D., Bonilla, F., Arevalo J. E., Sanchez R., Morales-Gutiérrez, L., Arias-Ortega, J., Vargas-Castro, R., Serrano-Sandí, J., Hanson, P. (2022). Uso de diversidad biológica de grupos indicadores para evaluar una compensación ecológica: el caso del Embalse Río Piedras, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, en prensa.
- Savage, J. M. (2002). *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. The University of Chicago Press.
- Schlawin, J. R., & Zahawi, R. A. (2008). ‘Nucleating’ succession in recovering neotropical wet forests: The legacy of remnant trees. *Journal of Vegetation Science*, 19(4), 485–492.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (s.f.). Ministerio de Ambiente y Energía. <http://www.sinac.go.cr/>



- Sistema Nacional de Áreas de Conservación [Comisión Caso Tablillas]. (2007). *Solicitud de reducción del área de refugio nacional de vida silvestre corredor fronterizo. Informe Técnico*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. ACAHN.
- Sullivan, B. L., Wood, C. L., Iliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., & Kelling, S. (2009). eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142, 2282–2292.
- ten-Kate, K., & Crowe M. (2014). *Biodiversity Offsets: policy options for governments. An input paper for the IUCN Technical Study Group on Biodiversity Offsets*. International Union for Conservation of Nature. <https://portals.iucn.org/library/node/44776>
- Tewksbury, J.J., Levey, D. J., Haddad, N. M., Sargent, S., Orrock, J. L., Weldon, A., Danielson, B.J., Brinkerhoff, J., Damschen, E. I., & Townsend, P. (2002). Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(20), 12923–12926.
- IUCN-The World Conservation Union, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, de los Recursos Naturales, Comisión de Supervivencia de Especies de la IUCN., & IUCN Species Survival Commission. (2001). Categorías y criterios de la Lista Roja de la IUCN, versión 3.1. IUCN. <https://www.iucnredlist.org/>
- Vásquez, G. (2009). *La posesión en las franjas fronterizas y su afectación estatal e implicaciones de la densificación de la frontera norte de Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional de la Universidad de Costa Rica <https://ijj.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2017/06/tesis.pdf>