Universidad de Sevilla

Facultad de Biología

ANÁLISIS ESPACIAL Y ESTUDIO DE LAS AMENAZAS DE LOS ANFIBIOS ENDÉMICOS DEL PARQUE NACIONAL SIERRA DE BAHORUCO, REPÚBLICA DOMINICANA

Trabajo de Fin de Master

Master en Biología Avanzada: Investigación y aplicación

Autor

Cristian Felipe Marte Pimentel

Tutor

Juan Francisco Beltrán Gala

Departamento de Zoología

Universidad de Sevilla

Sevilla

2023

Índice de contenido

1. RESUMEN 3
2. INTRODUCCIÓN 4
3. OBJETIVOS 6
   3.1. Objetivo general 6
   3.2. Objetivos específicos 6
4. MATERIALES Y MÉTODOS 6
5. RESULTADOS 11
   5.1 Amenazas derivadas del uso de suelo para los hábitats de las especies 13
   5.2 Diversidad y vulnerabilidad de las especies 22
   5.3 Análisis de amenazas 24
   5.4 Atlas gráfico y especies amenazadas 25
6. DISCUSIÓN 25
   6.1 Amenazas para los hábitats y distribución de las especies 27
   6.2 Especies vulnerables 28
   6.3 Atlas y especies amenazadas 29
7. CONCLUSIONES 30
8. AGRADECIMIENTOS 30
9. BIBLIOGRAFÍA 31

1. RESUMEN

El Parque Nacional Sierra de Bahoruco se erige como un destacado HotSpot de biodiversidad en el Caribe, albergando una amplia diversidad de anfibios, 43% de las especies de anfibios registrados en la isla. A pesar de su estatus de área protegida, estos anfibios se enfrentan a una alarmante degradación y pérdida de hábitat, lo que los coloca en una situación de vulnerabilidad preocupante en términos de conservación.

Se llevó a cabo una recopilación de información basada en mapas geográficos que abarcó: zonas de vida, usos del suelo, curvas de nivel, así como imágenes satelitales de alta resolución. Se extrajeron los rangos de distribución de las especies presentes en el parque de las plataformas y bases de datos disponibles en la web (IUCN; GBIF) y se compararon con la información geográfica. Posteriormente fueron realizados análisis espaciales del estado actual de las zonas de vida y formaciones vegetales existentes en relación a las amenazas como consecuencia de los usos de suelo que allí se realizan, evaluando, como estos impactos pudieran estar afectando los hábitats de las comunidades de anfibios presentes.

El estudio identificó un total de tres familias, cuatro géneros y 19 especies de anfibios en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, lo que representa el 25% de los anfibios de La Hispaniola. La familia más común en la mayoría de los hábitats identificados fue *Eleutherodactylidae*, representada por el género *Eleutherodactylus*, 14 de las especies registradas se presentan algún grado de amenaza importante según la UICN. Se identificaron cuatro formaciones geográficas principales: Bosques secos, bosque latifoliado húmedo, bosque latifoliado nublado y bosque de pinos. Los bosques latifoliados húmedos presentaron la mayor diversidad de anfibios, con un 84% de las especies registradas. El estudio identificó siete actividades principales relacionadas con el uso del suelo en el área protegida, que coincidían con los hábitats de las especies. Las especies asociadas con los bosques latifoliados húmedos y nublados presentaron los mayores niveles de vulnerabilidad debido principalmente a actividades agrícolas y la ganadería las cuales han sido identificadas como las responsables principales de la pérdida y fragmentación de los hábitats de los anfibios. En las últimas décadas, se observaron importantes pérdidas de vegetación en el área protegida debido a incendios forestales y otras actividades humanas. Las continuas transformaciones del hábitat podrían causar disminuciones importantes en las poblaciones de anfibios en un futuro cercano. Se elaboró un atlas de las especies y sus amenazas que servirá como material educativo importante.

Este estudio destaca nueve especies de anfibios que presentan un alto riesgo de extinción en el área protegida debido a su distribución geográfica restringida, fragmentación de sus hábitats y la degradación de la calidad del mismo. Resaltamos que a pesar de la alta diversidad de anfibios del género *Eleutherodactylus* en el Caribe, el 86% de las especies en el parque nacional Sierra de Bahoruco enfrentan grados de amenazas importantes, destacando así la necesidad de diseños y estrategias de medidas de conservación más efectivas.

2. INTRODUCCIÓN

La Hispaniola es considerada una de las islas del Caribe con mayor diversidad de anfibios endémicos (Caribherp, 2023). En la actualidad existen 76 especies reconocidas, de las cuales 71 no se encuentran en ninguna otra parte del mundo. Esta diversidad se encuentra dominada por ranas del género *Eleutherodactylus* con 64 especies, todas endémicas de la isla (Uetz et al, 2023; IUCN, 2023). La conservación de la fauna de anfibios de La Hispaniola ha llegado a un primer plano debido a que la mayor el bosque original de la isla ha sido destruido como consecuencia de actividades agrícolas y expansión de asentamientos humanos (Sangermano et al, 2005; Sangermano et al, 2015; MIMARENA, 2003; León, 2013). La UICN concluyó en el 2007 que el 86% de los anfibios de la isla se encuentran en peligro de extinción (Hedges, 2007), siendo la pérdida y degradación del hábitat una de las principales amenazas, especialmente para aquellas especies que poseen requerimientos específicos de hábitat (Pettinicchi, 2000, Akcakaya, 1992). Resulta, por tanto, de suma importancia conocer la estructura del hábitat y las interacciones con las especies que los ocupan. Este conocimiento resulta la base para entender como las especies se distribuyen en el ambiente (Akcakaya, 1992). Además, los estudios sistemáticos sobre hábitats, sus comunidades y las amenazas que les afectan generarán importantes conocimientos para implementar efectivas estrategias de conservación en esta área de alto nivel de endemismos.

La Sierra de Bahoruco ha estado relativamente aislada geográficamente durante gran parte de su historia, lo que ha permitido una gran diversificación de los anfibios siendo así considerada una de las zonas de más alta biodiversidad para este grupo en el Caribe (Hedges, 2007). Esta diversidad se debe a múltiples procesos históricos, como eventos tectónicos y adaptaciones ecológicas y fisiológicas de la biota, en respuesta a diversas condiciones climáticas a las que ha estado expuesta. Los anfibios han desarrollado adaptaciones eco-fisiológicas y comportamentales a las condiciones estructurales, climáticas y topográficas de la Sierra de Bahoruco, sin embargo, la presencia de continuas amenazas ha llevado a una disminución importante de sus poblaciones. Una de las principales amenazas es la transformación del hábitat original a usos agrícolas, lo que ha causado la degradación, fragmentación y pérdida de los hábitats naturales a lo largo del sistema montañoso. El parque nacional Sierra de Bahoruco (PNSB) representa una de las áreas protegidas más importantes en este sistema montañoso de la República Dominicana, no solo por la gran extensión que ocupa, sino también, a la gran diversidad de fauna y flora que alberga Es por esta y otras características que en la actualidad es considerada un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad (HotSpot) en las islas del Caribe y a nivel mundial (Anadón-Irizarry et al, 2012).

Hasta la fecha la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ha evaluado las 76 especies de anfibios presentes en La Hispaniola, de las cuales el 43% se encuentran distribuidas en este importante sistema montañoso y un 34% son consideradas endémicas, estando el 90% de estas, incluidas bajo algún grado de amenazada (IUCN, 2023).

El desarrollo económico relacionado con el turismo y el crecimiento demográfico, así como la expansión urbana y el desarrollo agrícola, son las principales amenazas para los anfibios en República Dominicana (Powell y Incháustegui, 2009). Aunque muchas áreas son identificadas como protegidas (27% del territorio), existe en la actualidad un conflicto entre actividades de desarrollo y protección, haciendo que la conservación de las formaciones boscosas sea una tarea compleja y difícil de implementar (Powell y Incháustegui, 2009). Ante esta situación es importante evaluar la efectividad de las áreas protegidas para salvaguardar hábitats críticos importantes para la supervivencia de la biodiversidad en la región. La pérdida de hábitat, aunque sea parcial, tiene efectos negativos sobre los anfibios ya que es uno de los grupos de vertebrados más sensibles a los cambios en el ambiente (Marsh y Perman, 1997; Urbina-Cardona et al, 2006; Sangermano et al 2015). La destrucción de sus hábitats y las enfermedades emergentes son una de las principales causas de extinción (Luedtke et al, 2023), sin embargo, la fragmentación del hábitat también un impacto directo sobre la biodiversidad y los procesos ecológicos (Martínez y Rodríguez, 2015; Haddad et al, 2015).

La teoría de los umbrales de extinción afirma que existe una cantidad mínima de hábitat para que una especie determinada persista en un paisaje (Fahrig, 2002; Pardini et al. 2010). Este umbral es del 30 % del hábitat, pero puede variar en función de la especie estudiada (Andrén 1994; Pardini et al. 2010). La pérdida de hábitat se ha identificado como el principal factor que afecta a los umbrales de extinción ya que determinan la capacidad de carga de los hábitats y afecta a las tasas de reproducción de las especies (Pardini et al, 2010). La pérdida y fragmentación de hábitats son procesos que ocurren a escala del paisaje, pero pueden variar con la extensión espacial y la resolución del paisaje (Wu & Li 2006;). En los paisajes fragmentados la configuración espacial y la composición del paisaje varían con la escala a la que se observan estos procesos y con la escala a la que lo perciben las especies (Urbina-Cardona et al, 2006; Urbina-Cardona, 2007; Fahrig, 2012). Para comprender las interacciones entre las poblaciones y los patrones espaciales es importante centrarse en las escalas adecuadas para los organismos estudiados (Turner et al. 2001; Wu & Li 2006). Esto es especialmente cierto en los bosques tropicales, donde la tasa de deforestación es una de las principales causas de amenaza para especies dependientes como los anfibios.

La pérdida de hábitat y la fragmentación afectan no solo la permanencia y abundancia de las especies, sino también a su comportamiento (Whiles et al, 2006). Se ha observado como consecuencia de estos impactos cambios en los comportamientos acústicos, reproductivos y la dinámica poblacional (Urbina-Cardona et al, 2006; Morante-Filho et al. 2015; Martínez y Rodríguez, 2015; Sangermano et al, 2015; Marte-Pimentel, 2022). Así mismo se han observado afectaciones a los microhábitats que limitan la disponibilidad de recursos como refugio, alimento y microhábitats ideales para la reproducción, necesarios en especies terrestres como los *Eleutherodactylus* (Urbina-Cardona, 2007; Sangermano et al, 2015; Marte-Pimentel, 2020).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Examinar y valorar las amenazas derivadas de los cambios en el uso del suelo en las poblaciones de anfibios endémicos del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana.

3.2. Objetivos específicos

1. Identificar los cambios en el uso del suelo debido a actividades agrícolas y su impacto en los hábitats y la distribución de las comunidades de anfibios en el parque nacional Sierra de Bahoruco.

2. Identificar las especies con mayores riesgos de extinción frente a la perdida de hábitats en el parque nacional Sierra de Bahoruco.

3. Analizar las amenazas de conservación para los anfibios endémicos que presentan mayores niveles de vulnerabilidad en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco que sirva de base para futuros planes de conservación.

4. Confeccionar un atlas de los anfibios endémicos del parque nacional de la Sierra de Bahoruco, destacando su distribución y los principales impactos como consecuencia de actividades humanas que afectan sus hábitats.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Sierra de Bahoruco es el sistema montañoso más meridional de La Hispaniola. Se ubica en la Región Suroeste de la República Dominicana y su piedemonte se extiende a lo largo de un rectángulo orientado en dirección Noroeste-Sudeste. La cota máxima de la Sierra alcanza los 2367 metros sobre el nivel del mar, en la Loma del Toro.

El Parque Nacional Sierra de Bahoruco (PNSB) fue creado inicialmente por el decreto 1315-83, (Figura 1) y delimitado por primera vez mediante el decreto 155-86. Posteriormente fue redelimitado por los decretos 233-96. El 319-97 lo redelimitó nuevamente un año después. Posteriormente, la Ley 64-00 ratificó los límites contenidos en el decreto 233-96. Finalmente, los límites actuales están contenidos en la Ley Sectorial de Áreas Protegidas 202-04 (Ley 64-00, 2000). La Ley 202-04 fijó una extensión que abarca sus límites actuales de 1126 km^2 y un perímetro de unos 238.80 km^2, aunque mediante SIG se ha comprobado que dicha superficie es ligeramente inferior (1070 km^2). Se sitúa al Sur del Lago Enriquillo, al Oeste de la Bahía de Neyba, al Norte del Mar Caribe y el karst de Jaragua, y al Este del Massif de la Selle (Haití). Latitudinalmente se localiza al Norte del paralelo 18º N y longitudinalmente al Oeste del meridiano 71º W, abarcando parcialmente el territorio de las provincias Pedernales, Independencia y Barahona (Figura 1). Se caracteriza por la dominancia de rocas carbonatadas del Cenozoico y las estructuras más relevantes son pliegues de dirección Noroeste-Sudeste. Fisiográficamente el área protegida constituye un relieve montañoso muy aplanado compuesto geomorfológicamente de karst de montaña de altura media tropical dominado por superficies corrosivas y formas típicas del karst tropical como mogotes dispersos y dolinas (Martínez Batlle, 2012; Quilez-Caballero, 2014; Maldonado et al, 2018).

En cuanto a su clima el PNSB posee una temperatura media de aprox. 20°C y una precipitación total anual de 980 mm, aunque presenta fluctuaciones a lo largo del año. Dado el amplio desarrollo endokárstico, la escorrentía superficial es escasa, salvo tres ríos de menos de 3 m^3/s de caudal: Pedernales, Arriba y Las Damas. Existen al menos seis formaciones vegetales según la clasificación ecológica adaptada por Cámara (1997; 2004) para La Hispaniola, que son: herbazales de media montaña, bosque higrófilo (nublado); bosque ombrófilo (latifoliado, húmedo); bosque mesófilo (semiseco, transición, semideciduo); bosque tropófilo (seco); matorral tropo-xerófilo (monte espinoso) y el pinar. En sentido general, las diferentes categorías de vegetación natural pueden observarse en un transecto altitudinal desde el nivel del mar hasta por encima de los 2000 m de altura. Tomando como referencia la clasificación de Hager y Zanoni (1993), los tipos de vegetación serían los siguientes: Bosque Seco, Bosque Latifoliado Húmedo; Bosque Latifoliado Nublado y Bosque de Pinos, para los cuales haremos referencia en este trabajo (Figura 2).

Figura 1. Área de estudio ubicada en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana.

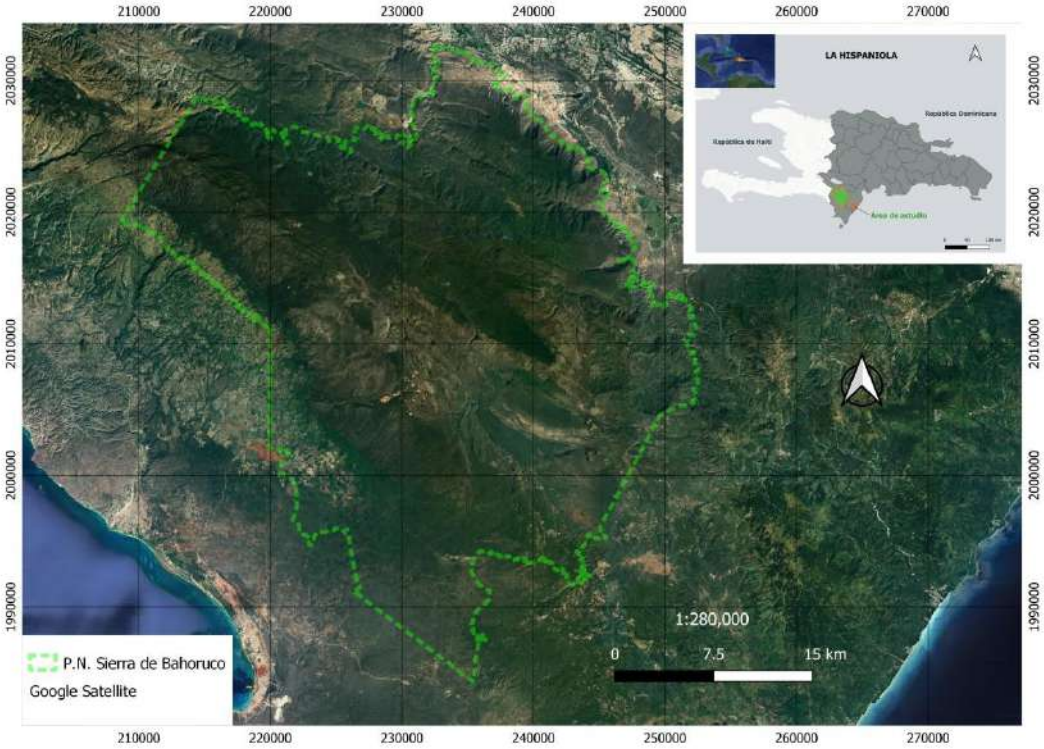


Figura 2. Vista de las principales formaciones vegetales presentes en el parque nacional Sierra de Bahoruco.

Principales formaciones vegetales presentes en el parque nacional Sierra de Bahoruco. A) Bosque de Pinos. B) Bosque Latifoliado Nublado. C) Bosque Latifoliado Húmedo. D) Bosque Seco (Foto: Cristian Marte).

Procedencia de los datos

Los datos de presencia de los anfibios estudiados proceden de los registros históricos almacenados en la plataforma del Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF.org, 2023) y los polígonos de rangos de distribución disponibles en la plataforma de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023). Se complementaron con puntos de observaciones realizadas en el PNSB entre los años 2006 y 2022 (Cristian Marte, Luis Días, Sixto Incháustegui; Miguel Landestoy, comunicación personal). Desde ambas plataformas se obtuvieron 21 registros de especies para el área protegida de los cuales dos correspondieron a especies introducidas y 19 a especies endémicas. Las especies introducidas no fueron incluidas en este trabajo.

Análisis y diseño de los mapas de distribución

El trabajo se llevó a cabo en el macizo montañoso de la Sierra de Bahoruco a partir de los 400 metros sobre el nivel del mar enfocado específicamente en el área protegida del PNSB. Para la visualización, análisis y generación de los mapas se utilizó el software QGIS 3.22.16, en el cual se cargaron las capas de los límites del área protegida (PNSB); cobertura y usos de suelos; zonas de vida, además de las capas de hidrología y curvas de nivel del ministerio de medio ambiente y recursos naturales de la República Dominicana (MIMARENA, 2003).

Se generaron mapas de distribución de las especies registradas en el área protegida y estos fueron superpuestos sobre la capa de zonas de vida y usos de suelo para su comparación. Para verificar el rango de distribución de las especies se superpusieron los puntos de distribución de las mismas especies, extraídos de la plataforma GBIF.org (2023) y los polígonos de ocurrencia de la UICN (2023) para el área protegida PNSB. Para los análisis del estado actual y la pérdida de vegetación en el área protegida utilizamos el conjunto de datos del global Forest Change 2000 y 2022. Resultados del análisis de series temporales de imágenes Landsat para caracterizar la extensión y el cambio de los bosques globales desde 2000 hasta el año 2022. Estos están divididos en mosaicos de 10x10 grados, que consta de siete archivos por mosaico. Todos los archivos contienen valores de 8 bits sin signo y tienen una resolución espacial de 1 segundo de arco por píxel, o aproximadamente 30 metros por píxel en el ecuador. Como parte de los resultados del análisis de series temporales de imágenes Landsat que caracterizan la extensión y el cambio del bosque (Hansen et al, 2013).

Para caracterizar la vegetación, los árboles se definieron como vegetación de más de 5 m de altura y se expresan como porcentaje por celda de la cuadrícula de salida como "2000 por ciento de cobertura arbórea". La variable “pérdida de cubierta forestal” se definió como una perturbación de reemplazo o un cambio de un estado de bosque a un estado no forestal, durante el período 2000-2022. La variable “aumento de cobertura forestal” se consideró como la inversa de la pérdida, o un cambio total de no bosque a bosque dentro del período 2000-2022. El “año de pérdida de bosques” es un desglose de la “pérdida de bosques” total en escalas de tiempo anuales (Hansen et al, 2013).

Las imágenes de referencia de 2000 y 2022 son observaciones medianas de un conjunto de observaciones de la temporada de crecimiento aprobadas por evaluaciones de calidad (Hansen et al, 2013). Solo nos enfocamos en la pérdida de bosque durante el período 2000-2022, como complemento se extrajeron imágenes satelitales del programa Google Earth Pro (versión 7.3.6.9) de diversas áreas y diversos años para evidenciar cambios de coberturas.

Análisis de amenazas y criterios de calificación

El análisis de amenazas se realizó mediante el método de *Estándares Abiertos*, es un proceso en el que se identifican y priorizan las amenazas directas a los objetos de conservación, con el fin de que las estrategias de conservación sean diseñadas y dirigidas allí donde más se necesitan. Este análisis representa una adaptación del análisis utilizado en el plan de conservación del PNSB descrito en Maldonado et al. (2018), en el que se consideraron una serie de variables (ver a continuación) para caracterizar las amenazas. Este enfoque se centra solo en las especies de anfibios endémicos que presentan mayores grados de vulnerabilidad en este parque. Se tuvieron en cuenta tres variables: alcance, magnitud e irreversibilidad, como se explica a continuación:

Alcance de la amenaza. Por lo general se define espacialmente como la proporción del objeto de conservación que se espera sea afectada por la amenaza dentro de un período de diez años si permanece la tendencia actual. Para ecosistemas y comunidades ecológicas, se mide como la proporción de la ocurrencia del objeto de conservación. Para especies, se mide como una proporción de la población del objeto de conservación. Muy Alto: Es probable que la amenaza sea dominante dentro de este alcance, afectando la mayoría o toda (71-100%) la ocurrencia/población del objeto de conservación (Maldonado et al, 2018). Alto: Es probable que la amenaza esté ampliamente distribuida dentro de este alcance, afectando gran parte (31-70%) de la ocurrencia/población del objeto de conservación. Mediano: Es probable que la amenaza se encuentre restringida dentro de este alcance, afectando una parte (11-30%) de la ocurrencia/población del objeto de conservación. Bajo: Es probable que la amenaza esté altamente restringida dentro del alcance, afectando muy poco (1-10%) la ocurrencia/población del objeto de conservación (Maldonado et al, 2018).

Gravedad. Dentro del ámbito de aplicación, es el nivel de daño al objeto de conservación como consecuencia de la amenaza, si ésta continúa manifestándose bajo las mismas circunstancias y tendencia actual dentro de los siguientes 10 años. Para los ecosistemas y las comunidades ecológicas, normalmente se mide como el grado de destrucción o degradación del objeto de conservación dentro del alcance. Para las especies, generalmente se mide como el grado de reducción de la población del objeto de conservación dentro del alcance. Muy Alto: Dentro del alcance del proyecto, es capaz de destruir o eliminar el objeto de conservación, reduciendo su población de 71 a 100% en diez años o en tres generaciones. Alto: Dentro del ámbito de aplicación, es probable que degrade/reduzca gravemente el objeto de conservación, o puede reducir su población en un 31 a 70% en diez años o en tres generaciones (Maldonado et al, 2018).

Mediano: Dentro del alcance, es probable que degrade/reduzca moderadamente el objeto de conservación o puede reducir su población en un 11 a 30% en diez años o en tres generaciones. Bajo: Dentro del ámbito de aplicación, es probable que degrade/reduzca ligeramente el objeto de conservación o puede reducir su población en 1-10% en diez años o en tres generaciones (Maldonado et al, 2018).

Irreversibilidad. El grado en que los efectos de una amenaza pueden ser revertidos y el objeto de conservación afectado por la amenaza puede ser restaurado, si la amenaza deja de existir. Muy Alto: Los efectos de la amenaza no pueden ser revertidos y es improbable que el objeto de conservación se pueda restablecer, y/o tomaría más de 100 años poder restaurar la su condición natural (ejemplo humedales que han sido convertidos en centros comerciales). Alto: Los efectos de la amenaza pueden ser revertidos técnicamente, restaurando el objeto de conservación; sin embargo, no es accesible y tomaría entre 21-100 años para lograr esto (ejemplo, humedales que han sido convertidos en un campo de agricultura). Mediano: Los efectos de la amenaza pueden revertirse y el objeto de conservación puede ser restaurado mediante el compromiso razonable de algunos recursos y/o dentro de 6 a 20 años (por ejemplo, zanjas y drenaje en humedales). Bajo: Los efectos de la amenaza son fácilmente reversibles y el objeto de conservación puede ser restaurado fácilmente a un costo relativamente bajo y/o en un período de 0-5 años (Maldonado et al, 2018).

5. RESULTADOS

Diversidad de especies

La consulta de las bases de datos históricas almacenadas en la plataforma del Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF) y los polígonos de rangos de distribución de especies de anfibios disponibles en la plataforma de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) arrojaron un total de tres familias, cuatro géneros y 19 especies para el PNSB (Tabla 1), esto representa el 25% de los anfibios de La Hispaniola (Caribherp, 2023). La familia más común en la mayor parte de los hábitats identificados fue *Eleutherodactylidae*, representada por el género *Eleutherodactylus* (Tabla 1). Se observó que algunas especies poseen un rango amplio de distribución a lo largo de toda el área protegida y su gradiente altitudinal, mientras que, para otras, como *Eleutherodactylus ligiae* y *Eleutherodactylus fowleri*, solo se han registrado en pequeñas áreas o solamente para la localidad tipo (Anexo 2). La distribución de 16 especies estuvo asociada a los hábitats de bosques húmedos latifoliados, siendo esta formación vegetal más de mayor diversidad de anfibios (Anexo 1). Se registraron 14 especies bajo algún grado de amenaza importante según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2023), encontrándose; en Peligro Crítico (5), En Peligro (3) y Vulnerable (6). El resto de las especies (5) se encuentran fuera de las categorías de amenazas importantes (Tabla 3). Se registraron dos especies introducidas que no fueron incluidas en este trabajo (*Rinella marina* y *Lithobates catesbeiana*).

Tabla 1. Anfibios registrados para el Parque Nacional Sierra de Bahoruco (República Dominicana), estatus biogeográfico y estatus de amenaza para las especies.

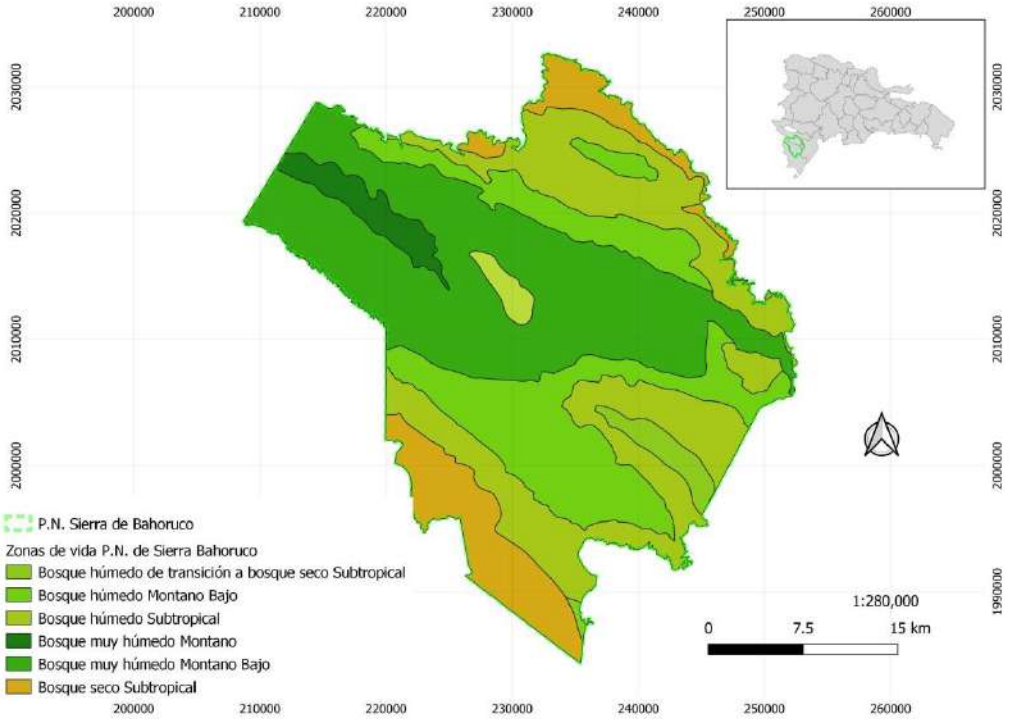
Orden	Familia	Genero	Especie	Estatus de amenaza (UICN)	Estatus biogeográfico
Anura	Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus*	*E. abbotti*	LC	Endémicas
			E. alcoae	LC	
			E. armstrongi	EN	
			E. audanti	VU	
			E. fowleri	CR	
			E. furcyensis	CR	
			E. heminota	VU	
			E. hypostenor	EN	
			E. inoptatus	NT	
			E. jugans	CR	
			E. leoncei	EN	
			E. ligiae	CR	
			E. nortoni	CR	
			E. pictissimus	LC	
			E. wetmorei	VU	
	Hylidae	*Osteopilus*	*O. dominicesis*	LC	
			O. vastus	VU	
		Boana	*B. heilprini*	VU	
	Bufonidae	*Peltophryne*	*P. guentheri*	VU	

LC: Preocupación Menor; **NT:** Casi amenazada; **VU:** Vulnerable; **EN:** En Peligro; **CR:** Peligro Crítico.

Formaciones boscosas y distribución de las especies

Las distribuciones observadas para los anfibios estuvieron asociadas a seis zonas de vida (Holdridge, 1967), dentro del área protegida (Figura 4), estas fueron agrupadas para su mejor análisis en formaciones boscosas, según la clasificación Hager & Zanoni (1993) en la que se destacan los Bosques Secos, Bosque Latifoliado Húmedo, Bosque Latifoliado Nublado y Bosque de Pinos. Visto lo anterior, las formaciones boscosas de mayor extensión en el área protegida fueron los bosques latifoliados húmedos con 546.7 km², seguida de los hábitats de bosque latifoliado nublado con 419.1 km², en cuanto a la diversidad de anfibios registrados en los hábitats de estas formaciones boscosas, se destaca que la mayor diversidad de anfibios se encontró en los bosques latifoliados húmedos (84%) seguido los bosques latifoliados nublados (79%). Especies como *E. abbotti* se registraron en todas las formaciones boscosas, mostrando así, la alta plasticidad que poseen cuanto a requerimientos de habitas se refiere. Sin embargo, otras especies presentaron distribuciones restringidas asociadas específicamente a un de formación boscosa (*E. ligiae* en el bosque de pinos), por lo que estas, podrían presentar requerimientos ecológicos muy específicos y poca plasticidad (anexo 1, 2).

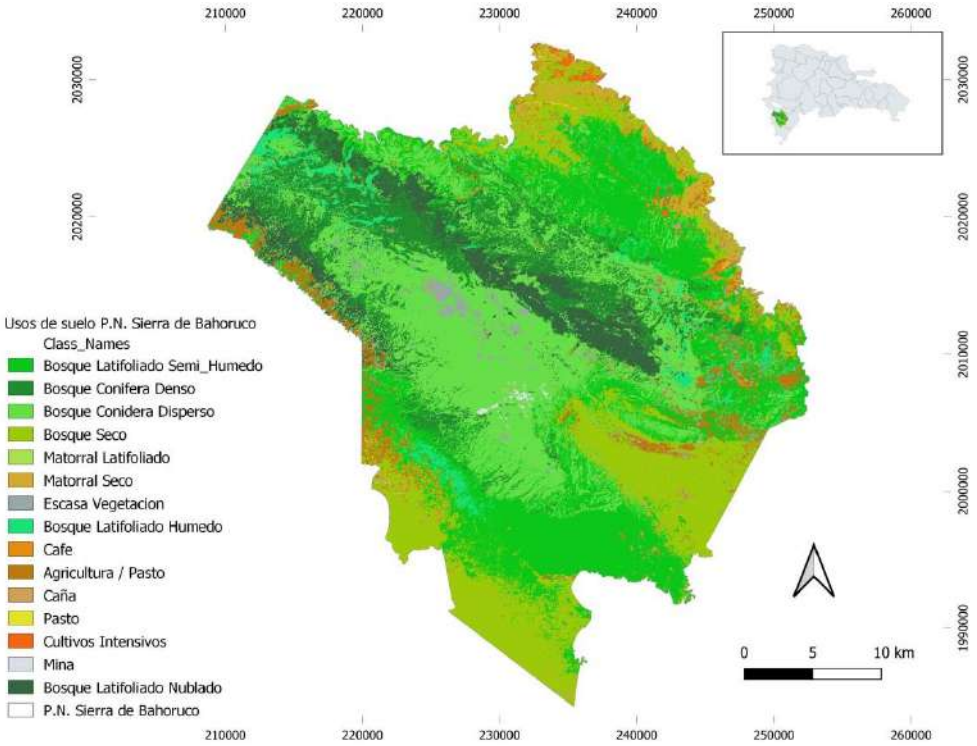
Figura 4. Mapa de zonas de vida en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco.



5.1 Amenazas derivadas del uso de suelo para los hábitats de las especies

Fueron identificadas siete actividades principales relacionadas con el uso del suelo en el PNSB (Figura 5), coincidiendo estas espacialmente con la distribución de las especies. Nuestros resultados muestran que las especies asociadas a los hábitats de bosque latifoliado húmedo y nublado poseen los mayores niveles de vulnerabilidad, se observó que el uso de suelo más ampliamente extendido fueron los derivados de la agricultura extensiva (café, aguacate además de otros cultivos intensivos de menor extensión) y la ganadería (potreros), los cuales han tenido como consecuencia una perdida y fragmentación del hábitat de los anfibios (Anexo 1, Figura 5).

Figura 5. Mapa de usos de suelo en el parque nacional Sierra de Bahoruco.



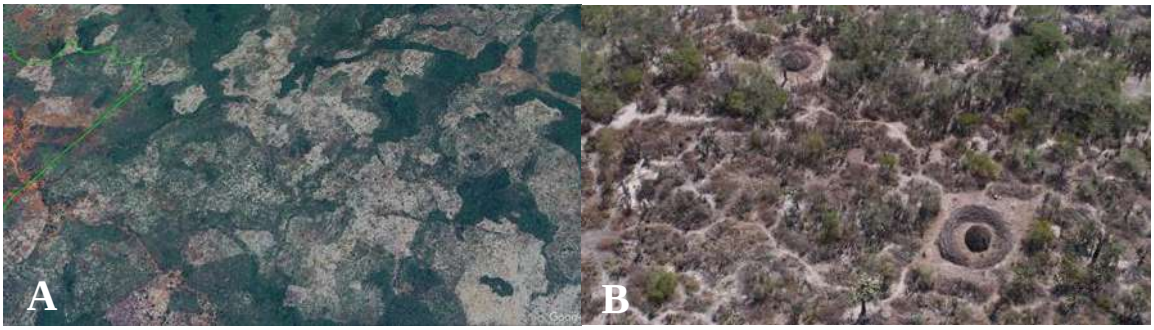
Pérdida y degradación de los hábitats

A- Bosque seco. Son los de menor elevación en el gradiente altitudinal, a pesar de que ocupa una extensión de 564 km², el bosque seco de la ladera sur presenta una mayor extensión que la ladera norte, sin embargo, en ambas se encuentra muy amenazado por la expansión de asentamientos humanos, así como numerosos mosaicos de cortes producto de la expansión agropecuaria (cultivos intensivos de pequeña a gran escala, además de la ganadería), representan una de las mayores amenazas.

Otra actividad no menos importante que ocasiona perdida de vegetación es la tala de árboles con fines comerciales como la venta de madera y confección de hornos de carbón, este último como materia prima de combustible casero (Figura 6), los que tienen como consecuencia una constante degradación y fragmentación de los microhábitats para las comunidades de anfibios que en el habitan.

Diversidad de anfibios. El bosque seco representa el hábitat con menor diversidad de anfibios en el área protegida (5), lo que equivale al 26% de las registradas en todas las formaciones boscosas identificadas. Las especies *P. guentheri*, *E. pictissimus*, *E. alcoae*, se registran mayormente en el suelo del bosque con presencia o no de hojarasca, así como estructuras sobre el suelo (arbustos, troncos y rocas). El bosque seco y su transición al bosque húmedo representan los hábitats idóneos para estas especialistas adaptadas a las condiciones extremas de este hábitat (Anexo 1, 2). Ocasionalmente y cercano a cuerpos de agua o asentamientos humanos también se puede observar *O. dominicesis* (Henderson y Powell, 2009). Tres de las especies aquí presentes se encuentra bajo algún grado de amenaza importante (Tabla 1).

Figura 6. Impactos identificados en el boque seco del Parque Nacional Sierra de Bahoruco.



Las imágenes muestran: A) la perdida y fragmentación de vegetación producto de la extensión agrícola y la ganadería (potreros) en una localidad próximo Las Mercedes (imagen: Google Erart pro). B) tala y extracción de madera para la confección de hornos de cambón en el bosque seco, próximo a la localidad de Puesto Escondido (foto: Yolanda León).

Tabla 2. Anfibios y amenazas registradas en los hábitats del bosque seco del Parque Nacional Sierra de Bahoruco (República Dominicana).

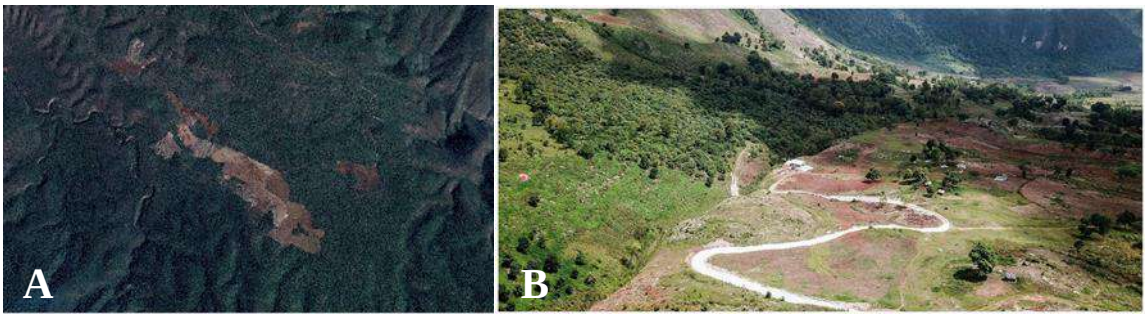
Tipo de vegetación	Usos de suelos identificados	Especies
Bosque seco	Zonas de Escasa Vegetación Café Agricultura / Pasto Pasto Cultivos Intensivos Minería	*E. abbotti* *P. guentheri* *E. pictissimus* *E. alcoae* *O. dominicesis*

B- Bosque latifoliado húmedo. Al igual que el bosque seco se observó que la ladera sur presenta mayores niveles de alteración y pérdida de vegetación en relación a la ladera norte del parque. Las imágenes satelitales proporcionan una vista de la expansión de asentamientos humanos, así como numerosos mosaicos de cortes producto de la expansión agropecuaria con actividades típicas de cultivos intensivos de pequeña a gran escala, esto ha tenido como consecuencia una constante degradación y fragmentación de los hábitats de las especies que allí se encuentran.

La tala y quema para los fines antes descritos es igualmente una actividad frecuente (Figura 7). Se observó que la mayor parte de los remanentes de bosques en buen estado se encuentran asociados a laderas y cañadas de gran profundad donde al parecer ha sido difícil el acceso para las personas, por lo que aún pueden conservarse.

Diversidad de anfibios. Estas formaciones boscosas presentaron la mayor diversidad de anfibios con 16, lo que equivale al 84% de los registrados en los demás tipos de hábitats. Las especies aquí registradas hacen un amplio uso de la estructura del bosque; especies como *E. wetmorei*, hace uso del estrato dosel y soto bosque, debido a los hábitos bromelícolas que presenta; Así mismo *E. inoptatus* y *O. dominicesis* usan la parte media del bosque entre 1-3 m del suelo sobre troncos y arboles jóvenes; mientras que especies como *E. audanti* y *E. abbotti* se registran en la vegetación arbustiva y estructuras sobre el suelo (troncos y rocas). Para la parte baja del bosque (suelo/hojarasca) se registran especies como *E. pictissimus* (Henderson y Powell, 2009). Cinco de las especies aquí presentes se encuentra bajo algún grado de amenaza importante (Tabla 1, Anexo 1).

Figura 7. Impactos asociados a actividades antrópicas en el boque latifoliado húmedo del Parque Nacional Sierra de Bahoruco.



Las imágenes muestran: A) desmonte del bosque para la agricultura y ganadería en una localidad próximo a Puesto Escondido (imagen: Google Earth pro). B) expiación agropecuaria y de asentamientos humanos en una localidad próximo a Los Arroyos, las nuevas carreteras se adentran aún más en el área protegida (foto: Yolanda León).

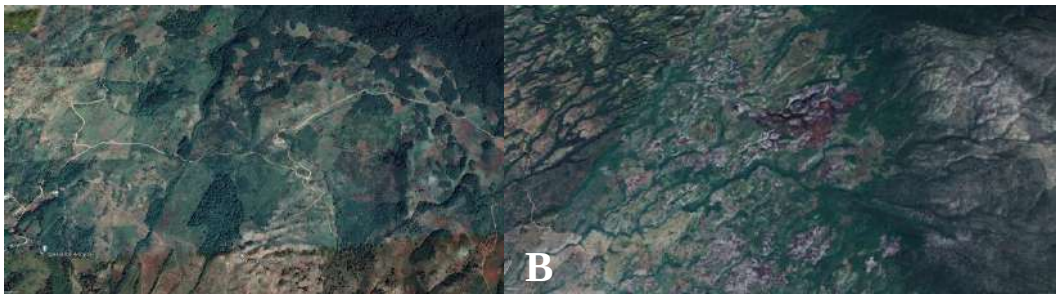
Tabla 3. Anfibios y amenazas registradas en los hábitats del bosque latifoliado húmedo del Parque Nacional Sierra de Bahoruco (República Dominicana).

Tipo de vegetación	Usos de suelos identificados	Especies
Bosque latifoliado húmedo	Escasa Vegetación Café Agricultura / Pasto Pasto Caña Cultivos Intensivos Minería	*E. pictissimus* *E. abbotti* *E. alcoae* *E. audanti* *E. heminota* *E. furcyensis* *E. hypostenor* *E. nortoni* *E. wetmorei* *E. jugans* *E. armstrongi* *E. inoptatus* *O. dominicesis* *O. vastus* *B. heilprini* *P. guentheri*

C- Bosque latifoliado nublado. Se observó que la franja de bosque latifoliado nublado de montaña de la ladera sur presenta mayores niveles de alteración y pérdida de vegetación en relación a la ladera norte del PNSB a causa de múltiples cortes para expansión agropecuaria, esto tiene como consecuencia el adelgazamiento y fragmentación de esta importante formación boscosa. Se observó evidencia de fragmentación en forma de parches aislados cada vez más degradados, muchos de ellos rodeados de terrenos agrícolas, la tala y quema para los fines antes descritos es igualmente una actividad frecuente (Figura 8).

Diversidad de anfibios. Se registraron 15 especies en los hábitats del bosque latifoliado nublado (79%). Siendo muy similares a los ambientes de busque latifoliado húmedo. En estos hábitats se registran especies que de igual manera hacen un amplio uso de todos los estratos del bosque, destacando especies como *E. fowleri y E. heminota*, ambas especies bromelícolas que hacen uso de los estratos de dosel y el sotobosque; se registra la especie *E. nortoni* que de igual manera utiliza la parte media del bosque (1 a 3 m de altura) utilizando troncos, ramas y árboles como principal sustrato, mientras que especies como *E. audanti* y E. *furcyensis* se registran en la vegetación arbustiva y estructuras sobre el suelo (troncos y rocas). Haciendo uso exclusivo de estrato más bajo del bosque se registran las especies *E. jugans* y la rana excavadora *E. hypostenor* para las cuales el microhábitat del suelo profundo compuesto de abundante materia orgánica en descomposición, hojarascas, musgos y troncos caídos, representan los microhábitats idóneos (Henderson y Powell, 2009). Diez de las especies aquí registradas presentan grados de amenaza importantes (Tabla 1, Anexo 1).

Figura 8. Impactos asociados a actividades antrópicas en el bosque latifoliado nublado dentro del Parque Nacional Sierra de Bahoruco.



Vista satelital de los impactos observados en el bosque latifoliado nublado en las localidades: A) Los Arroyos; vista de la pérdida y fragmentación del bosque debido a la extensión de la frontera agropecuaria. B) Las Abejas; vista de la pérdida y degradación del bosque debido a incendios provocados producto de la expansión agropecuaria (Imágenes: Google Earth pro).

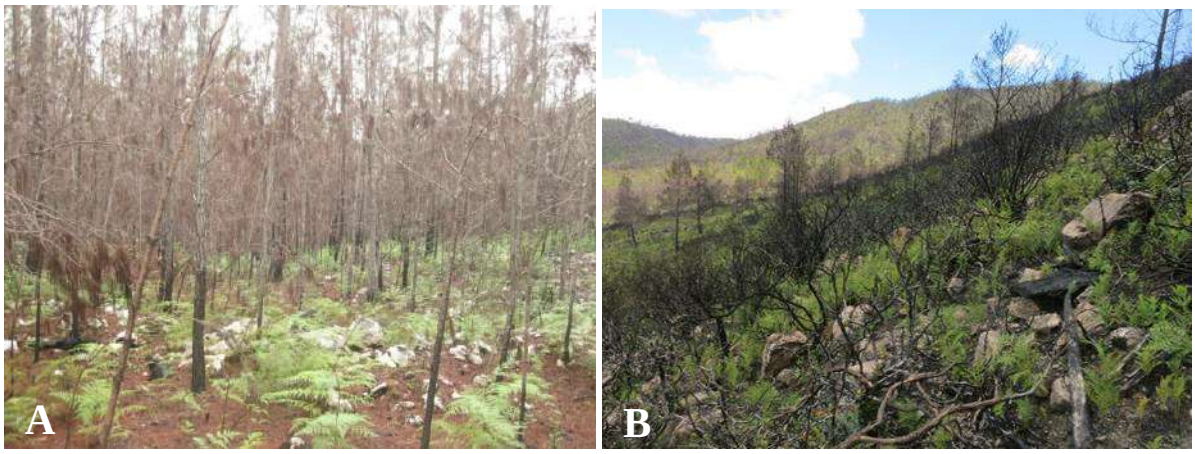
Tabla 4. Anfibios y amenazas registradas en los hábitats de los bosques latifoliados nublados del Parque Nacional Sierra de Bahoruco (República Dominicana).

Tipo de vegetación	Usos de suelos identificados	Especies
Bosque latifoliado nublado	Escasa Vegetación Cultivos Intensivos Minería Agricultura / Pasto Pasto Café	*E. abbotti* *E. audanti* *E. fowleri* *E. furcyensis* *E. heminota* *E. hypostenor* *E. leoncei* *E. nortoni* *E. wetmorei* *E. jugans* *E. armstrongi* *E. inoptatus* *O. dominicesis* *O. vastus* *B. heilprini*

D- Bosque de pinos. Es quizás la la formación boscosa mejor conservada y la de mayor extensión conservada dentro del parque. El pinar es la formación dominante en el parque, ocupando un 17% aproximadamente. Si se analiza la superficie de pinar indiferenciado se observa que esta formación ocupa casi el 35% de la superficie protegida. Sin embargo, en los últimos años diversas amenazas lo han afectado. Se observó que diversas zonas importantes dentro del área protegida presentaron actividad de incendios recurrentes (Figura 9). Diversos fuegos han sido registrados afectando de manera directa los hábitats de las comunidades de anfibios, estimamos que hasta un 60% del área protegida se ha visto afectada por incendios forestales (Figura 9, 10).

Diversidad de anfibios. Se registran seis especies lo que equivale al 32% de las registradas en el área protegida, es importante destacar que las especies aquí presentes no son exclusivas de este ecosistema ya que se pueden encontrar en el hábitat de bosque latifoliado nublado y sus zonas de transición al hábitat del bosque pinos. Debido a la estructura de esta formación boscosa la mayor parte de las especies aquí presentes lacen uso del estrato medio (*E. fowleri*). Mientras que especies como *E. audanti*, E. *furcyensis*, *E. leoncei*, registran en la vegetación arbustiva y estructuras sobre el suelo como ramas, troncos y rocas (Henderson y Powell, 2009). Haciendo uso exclusivo de estrato más bajo destaca la especie *E. ligiae* para la cual resulta idóneo el microhábitat del suelo casi desnudo con abundantes rocas y poca presencia de hojarasca y troncos caídos (Incháustegui et al, 2015). Cinco de las especies aquí registradas presentan grados de amenaza importantes (Tabla 1, Anexo 1).

Figura 9. Impactos provocados por los incendios en el bosque de pinos del parque nacional Sierra de Bahoruco.



Vista de los impactos provocados por los incendios forestales en los bosques de pinos en las localidades: A) Aceitillar; vista de un incendio reciente en la zona (localidad tipo de la especie *E. ligiae*, única localidad donde se conoce la especie). B) incendios recurrentes en las proximidades de la localidad Las Abejas, muchos de estos de manera intencionada para la expansión agrícola (Foto: Cristian Marte).

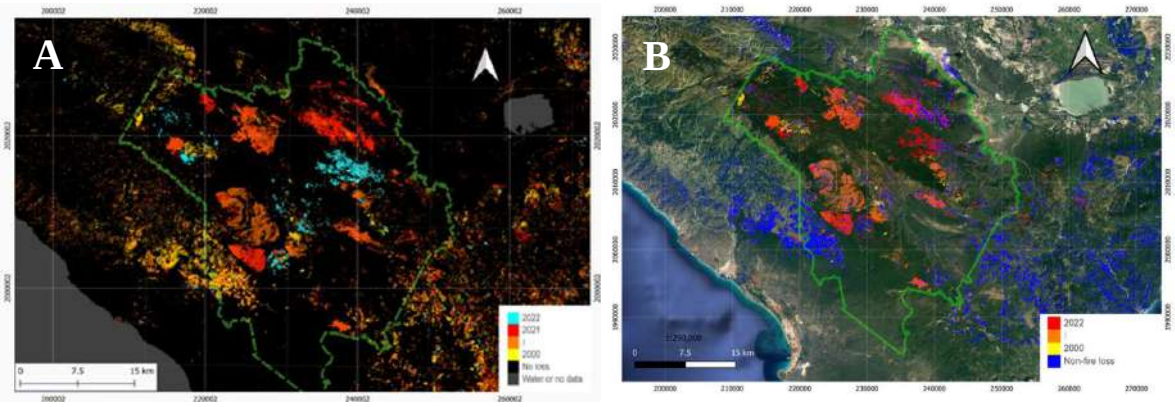
Tabla 5. Anfibios y amenazas registradas en los hábitats de los bosques de pinos del Parque Nacional Sierra de Bahoruco (República Dominicana).

Tipo de vegetación	Usos de suelos identificados	Especies
Bosques de pinos	Minería Pasto Escasa Vegetación	*E. audanti* *E. fowleri* *E. furcyensis* *E. leoncei* *E. ligiae* *E. inoptatus*

Pérdida y ganancia de vegetación en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco

En los últimos años se han registrados importantes pérdidas de vegetación en toda el área protegida teniendo afectaciones importantes en los hábitats de las especies. Definimos la pérdida de cubierta forestal o perdida de bosques como una perturbación directa a los hábitats que utilizan los anfibios (zonas de vida, formaciones vegetales). Mediante imágenes Lanstad se observan los cambios de cobertura vegetal registrados el área protegida durante el período 2000-2022 en escalas de tiempo anuales (Anexo 6, Figura 10, 11). Los incendios forestales ha sido otro de los impactos frecuentes en el parque.

Figura 10. Pérdida de bosque en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, periodo (2000-2022).



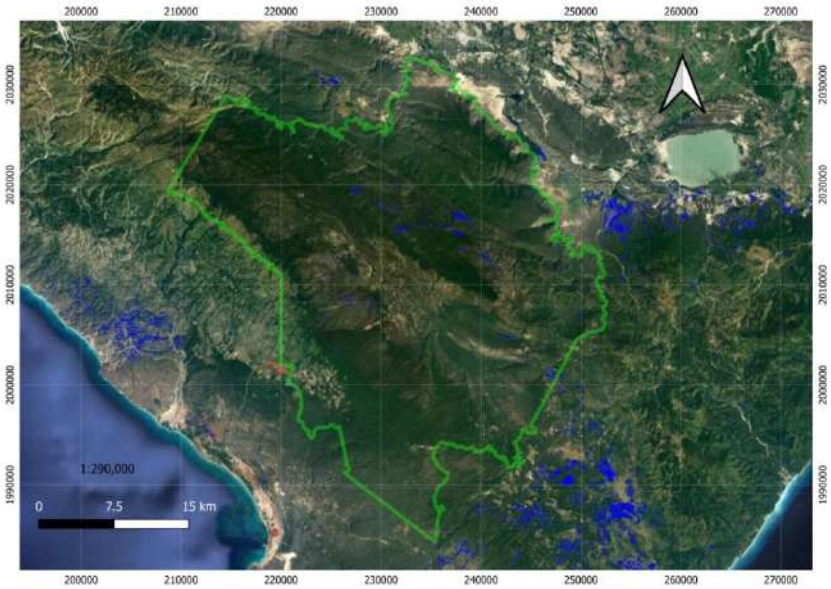
En las figuras se observa, **A)** afectaciones temporales y perdida de vegetación de los últimos años (2000-20220) en toda el área protegida (Hansen et al, 2022); **B**) Pérdida de vegetación debido a los incendios forestales dentro en el parque durante el período 2000-2022 (Hansen et al. 2013).

Figura 11. Observaciones en campo de la perdida y degradacion de habitats importantes para los anfibios durante el periodo preriodos 2000-2022.

Observaciones de visitas anteriores a las localidades, Los Arroyos (hábitats de bosques nublado y húmedo) y Aceitillar (hábitats de bosque de pinos) durante el periodo 2000-2022. (Foto: Yolanda León y Cristian Marte)

En cuanto al incremento de vegetación, como resultado de los análisis de series temporales de imágenes Landsat se observa un ligero "aumento de cobertura forestal" en el período 2000-2022, Este se presenta de manera muy dispersa y de poca extensión a lo largo del área protegida (Figura 12), aunque no está claro que tipo de vegetación es la que se ha recuperado, las zonas se corresponden con antiguas áreas de cultivo y afectaciones por incendios, por lo que podría tratarse de ligeras regeneraciones de vegetación secundaria.

Figura 12. Ganancia de vegetación dentro del Parque Nacional Sierra de Bahoruco.



Las zonas azules destacan las áreas donde se ha registrado una ganancia de vegetacion en el periodo 2000-2022 (Hansen et al. 2013).

5.2 Diversidad y vulnerabilidad de las especies

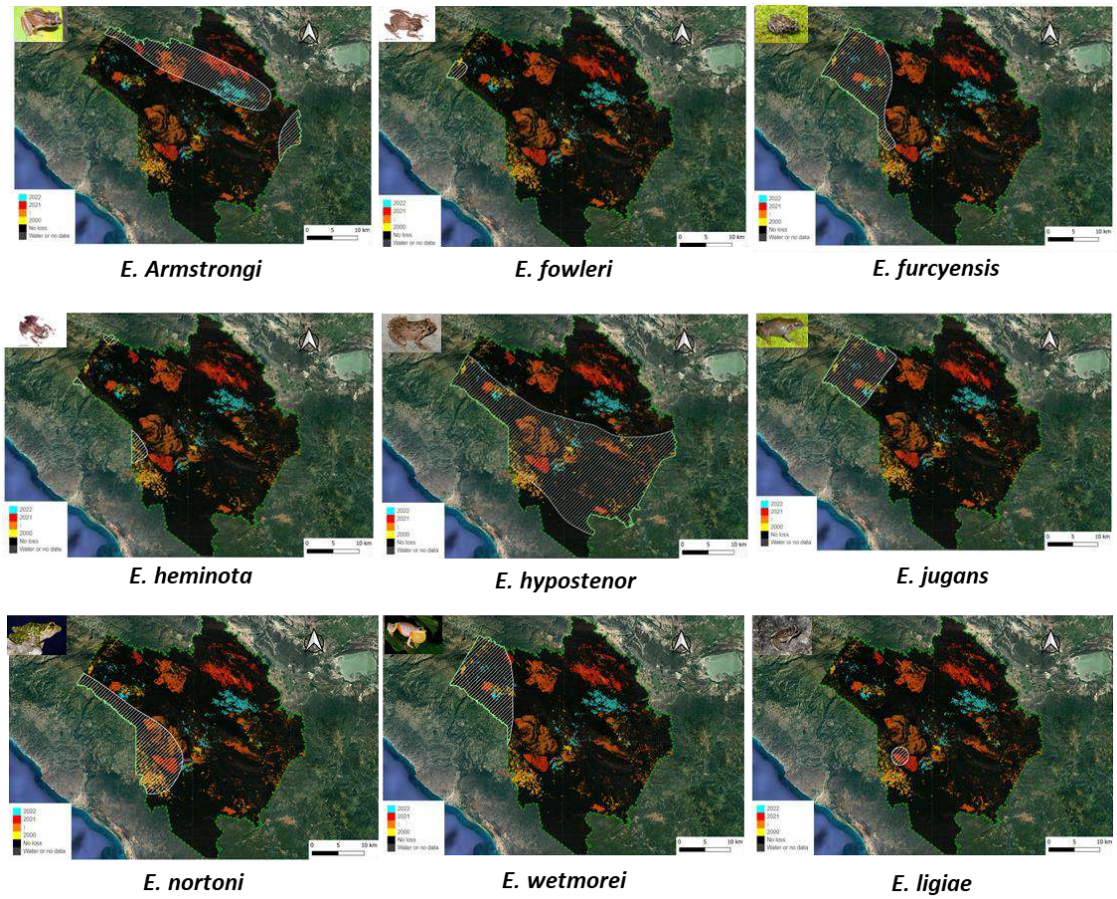
Identificamos las especies de mayor vulnerabilidad que podrían presentar los principales riesgos de extinción dentro del PNSB, como consecuencia de la perdida de hábitats por la expansión de actividades antrópicas. Se observó que nueve especies (47%), presentan riesgos importantes de extinción en el área protegida debido a factores como: distribución geográfica restringida, extensión de la distribución fragmentada, degradación y pérdida de la calidad del hábitat (Figura 13, 14). De igual manera enfermedades emergentes han sido registradas en sus hábitats. Estos factores sumados a las actividades de usos de suelo identificadas en el rango de distribución ponen de manifiesto la vulnerabilidad de estas especies en relación a las demás (Tabla 6, Anexo 1).

Tabla 6. Factores que afectan la permanencia de las especies más vulnerables en el parque nacional Sierra de Bahoruco.

	Usos de suelos identificados	Especies
Distribución geográfica restringida Extensión de la distribución fragmentada Degradación y pérdida de la calidad del hábitat Enfermedades emergentes*	Escasa Vegetación Cultivos Intensivos Agricultura / Pasto Pasto Café Minería	*E. fowleri* *E. furcyensis* *E. heminota* *E. hypostenor* *E. ligiae* *E. nortoni* *E. wetmorei* *E. jugans* *E. armstrongi*

*Ha sido registrada en el área de estudio el hongo quitrídio (*Batrachochytrium dendrobatidis*), una enfermedad emergente que afecta las poblaciones de anfibios a nivel mundial (Martínez y Rodríguez, 2015).

Figura 13. Distribución de las especies con mayores niveles de vulnerabilidad en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco.



Se destaca la perdida de vegetación a lo largo de la distribución de las especies con mayores niveles de vulnerabilidad en el periodo 2000-2022 (Hansen et al. 2013).

Tabla 7. Extensión y amenazas en los rangos de distribución de las especies más vulnerables del Parque Nacional Sierra de Bahoruco.

Especie	Rango distribución dentro PNSB % (km²)	Extensión conservada (%)	Extensión alterada (%)	Áreas no favorables en PNSB (%)
E. armstrongi	30 (502.3)	97	3	5
E. fowleri	10 (61.6)	95	5	15
E. furcyensis	20 (322.3)	95	5	10
E. heminota	3 (47.6)	79	21	10
E. hypostenor	60 (706.7)	92	8	15
E. jugans	25 (290.7)	96	3	10
E. ligiae	100 (169.2)	99	0	35
E. nortoni	10 (511.5)	95	4	10
E. wetmorei	5 (307.6)	95	4	5

La primera columna detalla la lista de especies que presentan mayores grados de vulnerabilidad; la columna dos expresa el rango de distribución expresado en porcentaje y kilómetros cuadrados dentro del área protegida; las columnas cuatro y cinco detallan el porcentaje de la distribución que se encuentra conservado y el porcentaje de zona que presenta algún grado de alteración dentro del rango de distribución. La última columna es una aproximación de porcentaje de área no favorable como hábitat para la especie dentro del rango de distribución en el área protegida PNSB (MIMARENA, 2003).

5.3 Análisis de amenazas

Los resultados del análisis de amenazas (Figura 5) muestran los valores obtenidos para cada amenaza por especie (Maldonado et al, 2018). La columna de la extrema derecha muestra el valor global obtenido para cada amenaza por el conjunto de objetos de conservación que afecta directamente. La línea final inferior, muestra cómo las especies vulnerables se encuentran calificadas en términos del conjunto de amenazas que las afectan directamente.

El rresultado del análisis nos revela que las principales amenazas escogidas (Maldonado et al, 2018) representan las amenazas calificadas como altas para los anfibios del PNSB. Mientras que las perturbaciones producto del cambio climático poseen calificación media. Se observó tres especies presentaron una calificación de amenaza intermedia, mientras que seis muestran clasificaciones consideradas altas (Figura 14).

Figura 14. Resultados del análisis de amenazas para los anfibios que presentan los mayores grados de vulnerabilidad en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco (diseño extraído de Maldonado et al, 2018 y modificado para este trabajo).

Anfibios vulnerables/ Amenazas	Agricultura	Pastoreo	Erosión y degradación de los suelos	Aumento en la frecuencia y extensión de los incendios	Perturbación de micro-hábitats por efectos del cambio climático	Degradación de los microhábitats	Disminución del rango de distribución	Resumen por vulnerabilidad
E. armstrongi	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	**Alto**
E. fowleri	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy alto	**Alto**
E. furcyensis	Alto	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	**Medio**
E. heminota	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Muy alto	**Alto**
E. Hypostenor	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo	**Alto**
E. jugans	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	**Alto**
E. ligiae	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	**Medio**
E. nortoni	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	**Alto**
E. wetmorei	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	**Medio**
Resumen por amenaza	**Alto**	**Alto**	**Alto**	**Alto**	**Medio**	**Alto**	**Alto**	**Alto**

5.4 Atlas gráfico y especies amenazadas

Se elaboró un atlas preliminar de las 19 especies registradas en el PNSB. Este atlas representa una contribución original no existente en el país. El documento contiene: imagen fotográfica en vida, la extensión del rango de distribución y se destacan las áreas conservadas de bosques, así como las principales amenazas presentes como consecuencia de los usos de suelo. (Anexo 2).

6. DISCUSIÓN

Diversidad de especies

La consulta de las bases de datos históricas almacenadas en las plataformas Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF) y los polígonos de rangos de distribución de especies de anfibios disponibles en la plataforma de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) mostraron ser una herramienta eficaz para estudiar los rangos de distribución de las especies, diversos autores (Schill y Raber, 2006; Urbina-Cardona, 2007; Perdomo et al, 2010; Sangermano et al, 2012) han utilizado ambas plataforma con los mismos fines y se observó la utilidad de estos para llevar a cabo estudios espaciales de distribución espacial y potencial, así como relaciones hábitats y ecosistemas, entre otros, abarcando grupos de plantas, aves, anfibios y reptiles, obteniendo resultados relevantes.

Queda evidenciada la gran diversidad que representa el género *Eleutherodactylus* no solo en La Hispaniola si no el todo el Caribe (Henderson y Powell, 2009; Uetz et al, 2023; UICN, 2023), sin embargo, el 86% de sus especies se encuentran bajo algún grado de amenaza (UICN, 2023). Fueron registradas para el PNSB el 43% de las especies presentes en la isla, de las cuales el 18% se encuentran amenazadas.

El rango de distribución del 84% de las especies registradas se encontró asociado a los bosques latifoliados húmedos, seguido de manera muy cercana de los bosques latifoliados nublados. Ambas formaciones boscosas presentaron las mayores diversidad de anfibios comparados con el bosque seco y el bosque de pinos, los cuales debido a sus condiciones más extremas presentaron la menor diversidad (Martínez y Rodríguez, 2015). Si consideramos que los bosques húmedos de la sierra de Bahoruco se encuentran en el gradiente intermedio entre el bosque seco y el bosque nublado, sus zonas de transición hacen posible que especies de bosque seco y el bosque nublado pueden ser registradas en sus ecotonos. Resultados similares fueron observados por otros autores en el área, quieres destacan la importancia de este sistema montañoso y la conservación de sus ecosistemas para la preservación de la diversidad de anfibios de la isla (Hedges, 2007; Perdomo et al, 2010; Anadón-Irizarry, 2012; Martínez y Rodríguez, 2015; Incháustegui et al, 2018; Maldonado et al, 2018).

Formaciones boscosas y distribución de las especies

La distribución y la relación de las especies de anfibios con las formaciones boscosas en el PNSB es un tema de gran importancia para la conservación de los anfibios en la región. Los resultados de esta investigación muestran que las distribuciones de los anfibios se asocian con las formaciones boscosas dentro del área protegida. Los bosques latifoliados húmedos y los bosques latifoliado nublados mostraron ser las formaciones boscosas más extensas en el área protegida y también albergan la mayor diversidad de especies de anfibios (Martínez y Rodríguez, 2015; Uetz et al, 2023). Esta correlación sugiere que la conservación y restauración de estos tipos de bosques son esenciales para proteger la biodiversidad de anfibios en la Sierra de Bahoruco. Sin embargo, no han sido las extensiones mejor conservadas en los últimos años (Perdomo et al, 2010; Maldonado et al, 2018). Observamos que las formaciones boscosas de pinos son las mejor conservadas, al igual que otros autores señalan, esto quizás se deba a que se encuentra en la zona núcleo del parque y desde antes de los años 30s se les prestaba mayor atención por el valor económico que representaba la extracción de madera en el área (Perdomo et al, 2010. Lloyd y León. 2019; León et al, 2013).

Un hallazgo que resulta de interés es que algunas especies de anfibios muestran una alta plasticidad en cuanto a sus requerimientos de hábitat, lo que les permite adaptarse y habitar en diferentes formaciones boscosas. Por ejemplo, *E. abbotti* se encuentra en todas las formaciones boscosas estudiadas, lo que indica su capacidad de adaptación a una variedad de hábitats. Sin embargo, también se observa que algunas especies, como *E. ligiae*, tienen distribuciones más restringidas y específicas, lo que sugiere, posee requisitos ecológicos particulares y una menor capacidad de adaptación (Incháustegui et al, 2018). Se destacan las especies *E. jugans*, *E. furcyensis*, *E. wetmorei*, *E. fowleri* debido a que presentan un endemismo local en la Sierra de Bahoruco y su continuación en el Masif de la Selle en Haití.

Debido al avanzado estado de perdida de bosque que posee el vecino país (Haití), el resto de la distribución de estas especies presenta problemas aún peores, debido a la perdida de habita, es ahí donde se destaca la importancia de implementar mejores estrategias de gestión y conservación del lado dominicano (Sierra de Bahoruco) donde aún permanecen en mejor estado los hábitats de esta especies.

6.1 Amenazas para los hábitats y distribución de las especies

La relación entre la distribución de los anfibios y las amenazas derivadas de los usos del suelo plantea preocupaciones significativas en el contexto de la conservación de estas especies. La extensión de la distribución de las poblaciones de anfibios se ve directamente afectada por las modificaciones del paisaje y el uso de la tierra, lo que puede tener un impacto negativo en la integridad de estas poblaciones (Urbina-Cardona et al, 2006; Whiles 2006; Martínez y Rodríguez, 2015). Imágenes satelitales y trabajos como los de Hansen et al, (2013) y Lloyd y León (2019) respectivamente, demuestran que desde el año 2000 la frontera agrícola ha avanzado de manera sostenida en la mayor parte de las unidades ambientales, y las ya cultivadas siguen estándolo hoy en día, mientras que la minería ha cesado (Martínez y Rodríguez, 2015; Hansen et al. 2013; Sangermano et al, 2016). Diversos estudios en la República Dominicana estiman que 21% del territorio dentro de las áreas protegidas enfrenta intensas presiones humanas (Familia et al, 2019; Lloyd y León, 2019). La baja efectividad de la gestión en otras áreas protegidas del país también ha sido resaltada en diversas ocasiones (Naturales 2005; Brocca et al, 2013; León et al., 2013; Lloyd y León, 2019; Maldonado et al, 2018) evidenciándose así la preocupación que enfrentan las áreas protegidas en el territorio Dominicano y sus implicaciones en la frágil diversidad.

Efectos de la pérdida y fragmentación de hábitats en la biodiversidad

Durante el período 2000-2018, se considera ocurrieron las mayores pérdidas de vegetación en los bosques de pinos y nublados de la Sierra de Bahoruco influenciadas por los incendios forestales (Maldonado et al, 2018; Lloyd y León, 2019). En la actualidad, nuestro estudio revela que aproximadamente un 40% del área protegida ha experimentado afectaciones relacionadas con incendios, especialmente en los bosques de pinos y nublados. Al igual que Hansen te al, 2013; Lloyd y León, (2019), consideramos que estos incendios se han vuelto más recurrentes (Figura 10).

Autores como Martínez y Rodríguez (2015) y Maldonado et al. (2018) señalan que la franja de bosque húmedo de montaña de la ladera sur de la Sierra de Bahoruco se encuentra más amenazada que la ladera norte. Este aspecto es discutido en detalle en el plan de conservación y manejo del PNSB del año 2015, sin embargo, hoy en día esta situación aún continúa y permanece aumentando la expansión agropecuaria en ambas vertientes, promoviendo el adelgazamiento y fragmentación de esta formación boscosa, resultando en parches y remanentes aislados de vegetación natural rodeadas de terrenos agrícolas (Anexo 5, 6).

A pesar de la falta de trabajos recientes sobre la medición de pérdida y ganancia de vegetación en el PNSB, nuestro trabajo estima que la franja de bosque latifoliado abarca aproximadamente 500 km², de los cuales se estima una pérdida de 8.5 km² desde el año 2000 (medido en el período 2000-2016). Es importante destacar que diversas amenazas derivadas de actividades como la producción de carbón y la agricultura de subsistencia siguen siendo una preocupación (Quilez-Caballero et al, 2014; Maldonado et al, 2018; Lloyd y León, 2019; comunicación personal de Incháustegui).

En cuanto al bosque seco, registramos una extensión de 118.8 km², de los cuales se han perdido aproximadamente 7.8 km² durante el mismo período, lo que constituye una de las tasas más altas de pérdida registradas para todos los bosques secos dentro de áreas protegidas de la República Dominicana (Maldonado et al, 2018; Lloyd y León, 2019). Sin embargo, es importante señalar que el fuego no fue la causa principal que impulsó esta deforestación en los bosques húmedos y secos de la Sierra de Bahoruco entre los años 2000-2016, y esta tendencia parece mantenerse en la actualidad (Lloyd y León, 2019).

A pesar de que en este trabajo no realizamos estimaciones de tasa anual de perdida de vegetación diversos autores han registrado resultados cualitativamente similares para la República Dominicana. Heino et al. (2015), estima una disminución anual de ~0,6%, mientras que Sangermano et al. (2015), utilizando un enfoque diferente, estimó una tasa de crecimiento ligeramente más lenta entre 2000 y 2011, reportando una tasa de ~ 0,5% anual. Es importante destacar que tanto Heino et al. (2015) y Potapov (2017), informaron notables disminuciones en la extensión de bosques intactos (500 km²) de la República Dominicana donde se registró una reducción del 29% entre 2000 y 2013, principalmente debido a incendios.

6.2 Especies vulnerables

Las especies más vulnerables no solo tienen un rango de distribución geográfica limitado, sino que también muestran niveles significativos de degradación y pérdida de calidad de hábitat en toda su distribución conocida en la isla. En la mayoría de los casos, la distribución geográfica de estas especies en el área protegida representa menos del 30% de su distribución total, con dos excepciones notables: *E. hypostenor*, que abarca un 60% del mismo y para *E. ligiae* el 100% se encuentra en una pequeña porción del área protegida, esta especie a pesar de que solo se conoce para una pequeña porción de bosque de pinos en la localidad de Aceitillar, probablemente se deba a que es una especie recientemente descrita (Incháustegui et al, 2018) de la cual la mayor parte de los hallazgos han sido de los especímenes tipos además de avistamientos ocasionales recientes en los alrededores de la localidad tipo (Rodríguez y Miguel Landestoy, Cristian Marte, comunicación personal), las características de su microhábitats se extiende por toda el área, por lo que se espera en los próximos años la extensión de la distribución aumente (Tabla 7, Figura 13).

Nuestro análisis reveló que entre el 5% y el 10% de la distribución de estas especies corresponde a áreas alteradas, y hasta un 10% adicional, a pesar de no estar afectado por actividades humanas, no ofrece hábitats favorables para la supervivencia (Anexo 7, Figura 13, Tabla 7). Se destaca la situación de las especies *E. Heminota*, *E. fowleri* y *E. nortoni*, las cuales se encuentran en peligro crítico de extinción según la lista roja de especies amenazadas de la UICN (2023), si se observa el rango de distribución (Figura 13) en el PNSB se percibe la limitada extensión geográfica, aunque esto pudiera deberse a un sesgo de registros, es importante destacar que especialistas (Martínez y Rodríguez, 2015; Incháustegui, Marcos rodríguez y Luis días, comunicación personal) señalan que a pesar de haber visitado diversas zonas favorables, estas no han sido observadas o escuchadas. De igual manera, proyectos importantes han sido llevados a cabo en el área protegida y los registros sieguen siendo muy escasos o limitados a las áreas cercanas a las poblaciones ya conocidas (Martínez y Rodríguez, 2015). Si tomamos en cuenta que el resto de la distribución fuera del área protegida ya es restringida (UICN, 2023) y al igual que dentro del parque existen problemas alarmantes de extensión y disponibilidad de hábitats, podríamos pensar que nos encontramos ante una situación crítica para estas especies. En las valuaciones realizadas en el Hispaniola Red List Assessment Workshop, fue destacada esta situación, haciendo especial énfasis en *E. fowleri*. Para estas, se llevaron a cabo recomendaciones y estrategias de conservación a seguir (AArk, 2011; IUCN, 2020), lamentablemente ningunas de las recomendaciones han sido llevadas a cabo.

6.3 Atlas y especies amenazadas

La elaboración de un atlas grafico de los anfibios del PNSB puede tener una amplia variedad de usos, para este destacamos que puede llegar a un público más amplio y diverso que los informes científicos; Las imágenes a menudo son más efectivas que las palabras a la hora de comunicar información; los mapas y gráficos pueden mostrar de manera clara dónde se encuentran las especies amenazadas y de igual manera pueden ayudar a identificar áreas geográficas específicas donde las especies amenazadas se concentran. Esto es valioso para enfocar los esfuerzos de conservación en áreas prioritarias. El objetivo principal es que este funcione como material de apoyo educativo y para tomadores de decisiones locales. Un atlas gráfico de especies amenazadas es una herramienta poderosa para la conservación de la biodiversidad ya que ayuda a comunicar de manera efectiva la situación de las especies amenazadas, a informar, movilizar a la sociedad, y apoyar las acciones de conservación. Atlas de este tipo no existen en el país, por lo que creemos que resulta un aporte valioso.

7. CONCLUSIONES

Las plataformas como GBIF e IUCN mostraron ser herramientas eficaces para estudiar la distribución espacial de la biodiversidad. Estudios como los rangos de distribución de las especies y relaciones entre hábitats y ecosistemas, han sido utilizados por varios autores para obtener resultados relevantes en el estudio de la biodiversidad.

El PNSB alberga una diversidad significativa de especies de anfibios, con un 43% de las especies registradas para la isla, esto además de otros factores la destaca como un HotSpot de biodiversidad para el Caribe.

La distribución de las especies de anfibios en el parque guarda una estrecha relación con las formaciones boscosas, destacando los bosques latifoliados húmedos y nublados como los más diversos y esenciales para la preservación de la biodiversidad. La pérdida de vegetación en los bosques de pinos y nublados se ha visto influenciada por incendios forestales, que se han vuelto más recurrentes en la actualidad.

Aunque estas especies se encuentran dentro de un área protegida enfrentan una alarmante degradación y pérdida de hábitat, lo que las hace especialmente vulnerables aun dentro del área protegida. Las modificaciones del paisaje y el uso de la tierra tienen un impacto directo en la distribución de las poblaciones de anfibios, lo que plantea preocupaciones significativas para su conservación en la Sierra de Bahoruco.

A pesar de la gran diversidad de este género *Eleutherodactylus* en el Caribe, el 86% de sus especies presentes en la Republica Dominicana se enfrenta algún grado de amenaza, lo que destaca la necesidad urgente de conservación.

La creación de un atlas gráfico de especies amenazadas puede ser una herramienta valiosa para la comunicación, la identificación de áreas prioritarias de conservación y la sensibilización de la sociedad.

8. AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (MESCyT), en la República Dominicana por haberme otorgado la beca de estudios para este programa de maestría. Al Museo Nacional de Historia Natural prof. Eugenio de Jesús Marcano por todo el apoyo brindado. Especial agradecimiento a Juan Francisco Beltrán Gala no solo por la asesoría brindada a lo largo de este trabajo, sino también por su contagioso entusiasmo durante las clases. A Santiago Castroviejo, Juan Manuel Mancilla Leyton y Virgilio Hermoso López, por sus aportes y recomendaciones a la hora de organizar este trabajo. A la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla y todos los profesores del programa de maestría: Master en Biología Avanzada: Investigación y Aplicación, por las enseñanzas a lo largo de este programa de estudios. A mi familia, por siempre brindarme el apoyo incondicional.

9. BIBLIOGRAFÍA

AArk. (2011). Conservation Needs Assessment Report, Dominican Republic. Species in the In Situ Conservation Role. Available at: https://aark.portal.isis.org (accessed Julio 2020).

Anadón-Irizarry, V., D. C. Wege, A. Upgren, R. Young, B. Boom, Y. M. León, Y. Arias, K. Koenig, A. L. Morales, W. Burke, A. Perez-Leroux, C. Levy, S. Koenig, L. Gape & P. Moore. (2012). Sites for priority biodiversity conservation in the Caribbean Islands Biodiversity Hotspot. *Journal of Threatened Taxa,* 4(8): 2806–2844.

Andrén, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71: 355-366.

Akcakaya, H. & S. Ferson. (1992). RAMAS/Space, v. 1.0: Spatially structured population's models for conservation biology. *Applied Biomathematic*s (New York).114 Pp.

Becker, C. G., R. D. Loyola, Haddad C. F. B y Zamudio K. R. (2010). Integración de los rasgos del ciclo vital de las especies y los patrones de deforestación en la planificación de la conservación de los anfibios. *Diversity and Distributions*. 16, 10- 19.

Brocca, J., L. Landestoy, S. Rolando, M. Pedro y R. Espinal. (2013). Relevamiento Biológico Rápido, Monumento Natural Padre Miguel D. Fuertes. Santo Domingo, República Dominicana 67 Pp.

Camara, A. R. (1997). República Dominicana: Dinámica del medio físico en la región Caribe (Geografía Física, sabanas y litoral). Aportación al conocimiento de la tropicalidad insular: Tesis Doctoral de la Universidad de Sevilla.

Camara, A, R. (2004). "Escalonamiento bioclimático, regímenes ecodinámicos y formaciones vegetales en la isla de La Española" En: PANAREDA, J.M., AR0ZENA, N4.E., SANZ, C. LOPV, N. {eds.) Estudios en Biogeografía 2004. Terraza, Editorial Aster.39-58

Caribherp, (2023). A Guide of West Indian amphibians and reptiles. http://caribherp.com. Última actualización; 30 de agosto 2023.

Carretero-Pinzón, X. (2016). Conservation Planning for Primate Communities in Rapidly Transforming Land scapes. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at The University of Queensland. Australia. 219 Pp.

Domínguez, E., K. Grasela & F. Núñez. (2008). Análisis de Vacíos de Representación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de la República Dominicana. Informe Técnico Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 163 Pp.

FAO. (2011). Forest resources assessment 2011. Global Synthesis. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. (147)

Familia L., T. Montilla, T. Clase, G. Santana & A. Guerrero. (2019). Cambios en la cobertura boscosa del bosque nublado en la sierra de Neiba, República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 2(1), 7-22. doi: https://doi.org/10.22206/

Fahrig, L. (2002). Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. Ecological Applications 12(2): 346-353.

Fahrig, L., J. Baudry, L. Brotons, F. G. Burel, T. O. Crist, R. J. Fuller, C. Sirami, G. M. Siriwardena, & J. L. Martin. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. Ecology Letters 14: 101-112.

GBIF.org. (2023). GBIF Home Page. Available from: https://www.gbif.org [11 couture 2024].

Haddad, N. M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D., Lovejoy, T.E., Sexton, J.O., Austin, M.P., Collins, C.D., Cook, W.M., Damschen, E.I., Ewers, R.M., Foster, B.L., Jenkins, C.N., King, A.J., Laurence, W.F., Levey, D.J., Margules, C.R., Melbourne, B.A., Nicholls, A.O., Orrock, J.L., Song, D., & J.R. Townshend. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on earth's ecosystems. American Association for the Advancement of Science: 1:e1500052.

Hager, J. & T. A. Zanoni, (1993). La vegetación de la República Dominicana: Una nueva clasificación. *Moscosoa*, 7, 39–81.

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. & R. G. Townshend. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342 (15 November): 850-53. Data available on-line from: https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change.

Heino, M., M. Kummu, M. Makkonen, M. Mulligan, P. H. Verburg & M. Jalava. (2015). Forest Loss in Protected Areas and Intact Forest Landscapes: A Global Analysis. *Plos One*, 10(10): e0138918. doi:10.1371/journal.pone.0138918

Hedges, S. B. (2007). Los anfibios y reptiles de la Española y su conservación. En E. Fernández (Ed.), Española, biodiversidad a través de un recorrido fotográfico. Italy: Graphicom.18-25.

Henderson, R. W. & R. Powell. (2009). Natural history of West Indian reptiles and amphibian University press of Florida, Gainesville. 495 Pp.

Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center. San José de Costa Rica. 149 Pp.

Incháustegui, S. J., L. M. Díaz y C. Marte. (2015). Dos especies nuevas de ranas del género Eleutherodactylus (Amphibia: Anura: Eleutherodactylidae) de La Hispaniola. *SOLENODON* 12: 136-149.

León, Y. M., E. Garrido & J. Almonte. (2013). Monitoreo y mapeo del bosque húmedo de montaña en la vertiente sur de la Sierra de Bahoruco, Grupo Jaragua. 58 Pp.

Ley 64-00, Ley General de Medio ambiente y recursos naturales. 2000. Publicación Oficial. República Dominicana. 144 Pp.

Luedtke et al. (2023). Ongoing declines of the world´s amphibians in the face of emerging threats. *Nature*, 62: 309-314.

Lloyd J. D., & Y. M. León. (2019). Forest change within and outside protected areas in the Dominican Republic, 2000-2016. *BioRxiv*. 25 Pp.

Maldonado, O. I., Y. M. León, G. E. James, A. P. Thomen & T. Saratscheff. (2018). Plan de conservación del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana y Grupo Jaragua, Santo Domingo. 118 páginas + anexos.

Martínez-Batlle J. R. (2012). Sierra de Bahoruco Occidental, República Dominicana: estudio biogeomorfológico y estado de conservación de su parque nacional. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, 556 Pp.

Martínez Rivera, C. & C. Rodríguez Plaza (2015). Los anfibios del sur de la Hispaniola: su historia natural y conservación: diversidad y estado de conservación de los anfibios (guía de campo). Santo Domingo: Museo Nacional de Historia Natural "Prof. Eugenio de Jesús Marcano"; Zoológico de Filadelfia; ComuEcoMedia; Alianza de Fondos para Ecosistemas Críticos; Société Audubon Haïti; Grupo Jaragua, Inc. 159 Pp.

Marte-Pimentel, C. F., L. M. Díaz & S. J. Incháustegui. (2022). Descripción preliminar de las llamadas de anuncio de *Eleutherodactylus patriciae* (Anura: Eleutherodactylidae), en el Parque Nacional Valle Nuevo, República Dominicana. *Novitates Caribaea*, (19), 1–11. https://doi.org/10.33800/nc.vi19.286.

MIMARENA (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2003). Estudio de uso y cobertura de suelo. Santo Domingo, República Dominicana. 41 Pp.

Pardini, R., A. Bueno., T. A. Gardner, P. I. Prado & J. P. Metzger. (2010). Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLOS ONE* 5(10): e13666. doi:10.1371/journal.

Pettinicchi, P. M. (2000). Clave para la identificación de los “saurios” de la provincia de Córdoba Editorial: San Miguel de Tucumán. Fundación Miguel Lillo. 113: 3-18.

Perdomo, L., Y. Arias, Y. León & D. Deje. (2010). Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en la República Dominicana. Grupo Jaragua y el Programa IBA-Caribe de Birdie International: República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana.

Possingham, H. & I. Ball y S. Andelman. (2000). Mathematical Methods for Identifying Representative Reserve Networks. *Quantitative Methods for Conservation Biology*. 10.1007/0-387-22648-6_17.

Powell, R. & S. J. Incháustegui. (2009). Conservation of the herpetofauna of the Dominican Republic. *Herpetology*, 6, 103-122.

Potapov, P, M. C. Hansen, L. Laestadius, S. Turubanova, Y. Aaroshenko & C. Thies. (2017). The last frontiers of wilderness: tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. *Science Advances*, (3): e1600821. doi:10.1126/sciadv.1600821

Quilez-Caballero, A. J., R. Martínez-Batlle & R. Cámara-Artigas. (2014). Caracterización Biogeográfica y Distribución de los Bosques Nublados de Montaña en Bahoruco Oriental, Republica Dominicana. Congreso Español de Biogeografía. 11 Pp.

Sangermano, F., L. Bol, P. Galvis, Gullison R. E., Hardner J. & G. Ross. (2005). Forest Baseline and deforestation map of the Dominican Republic through the analysis of time series of MODIS data. Data in Brief, Araujo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W. and Erhard, M. (2005), Validation of species– climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11: 1504–1513.

Sangermano, F., P. Galvis, R. E. Gullison, J. Hardner & G. Ross. (2015). Habitat suitability and protection status of four species of amphibians in the Dominican Republic. *Applied Geography*, 63: 55-65.

Sangermano, F., J. Toledano & J. R. Eastman. (2012). Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD and endemic biodiversity. *Landscape ecology*, 27, 571-584.

Secretaria de Estado Medio Ambiente y Recursos Naturales/subsecretaria de áreas protegidas y biodiversidad dirección de áreas protegidas. (2005). Plan de Manejo del Parque Nacional Sierra de Bahoruco. 215 Pp.

Schill, S. & G. Raber. (2006). Sistema de apoyo a las decisiones (DSS) para identificar brechas en áreas protegidas con ArcGIS 9.1TM, versión 1.0. Manual del usuario y cursillo. Red Interamericana de información sobre biodiversidad (IABIN) y The Nature Conservancy (TNC). 66 Pp.

Schwartz, A. & R. W. Henderson. (1991). Amphibians and Reptiles of the West Indies. Descriptions, Distributions, and Natural History. University of Florida Press. Gainesville. 720 Pp.

Steven, J. P., M. Dudík, & R. E. Schapire. (2023). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2023-9-5.

Steven, J. P., M. Dudík, & R. E. Schapire. (2023). Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2023-9-5.

Turner, M. G., R. H. Gardner, & R. V. O' Neill. (2001). Landscape ecology in theory and practice: pattern and process. Springer-Verlag, New York, US. 499 Pp.

Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes & J. Hošek. 2023. The Reptile Database, http://www.reptile-database.org, accessed 10/9/2023. Last changed or updated: 9 May 2023.

UICN. (2020). Hispaniola Red List Assessment Workshop. http://www.iucnredlist.org.

UICN. (2023). IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2021-3. http://www.iucnredlist.org.

Urbina-Cardona, J. N., M. Olivares Pérez y V. H. Reinoso. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across the pasture-edge-interior gradient in tropical rainforest fragments in the region of Los Tuxtlas, Veracuz. *Biological Conservation*, 132:61-75.

Urbina-Cardona, J. N. (2007). Evaluación del efecto de borde sobre la composición de la comunidad de herpetofauna en áreas con diferentes usos de suelo y orientación del borde en la Reserva Los Tuxtlas, Veracruz, Tesis de doctorado, Posgrados en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 188 Pp.

Whiles, M. R., K. R. Lips, C. M. Pringle, S. S. Kilhan, R. J. Bixby, R. Brenes, S. Connelly, J. C. Colon-Gaud, M. Hunte-Brown, A. D. Huryn, C. Montgomeri & S. Peterson. (2006). The effects of amphibian population declines of the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers of Ecology and Environment*. 4:27-34.

Wu, J., & H. Li. (2006). Concepts of scale and scaling. In Scaling and uncertainty analysis in ecology: methods and applications. Klumer Academic Publisher, Springer Netherlands. 3–15.

Zanoni, T. A. (1986). "Regiones geográficas de la Isla Española" En Mos-cosoa (4), 1-5.