



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**Estimación de Impacto de Vertebrados Exóticos en Áreas Protegidas y
Zonas de Amortiguamiento de la Amazonía Ecuatoriana**

Proyecto de Integración Curricular presentado como requisito previo para optar al título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autor: Ariana Priscilla Defaz Proaño

Docente: René Oscar Rodríguez Grimón, PhD.

21/Enero/2022

DEDICATORIA

A papá Césitar, en cualquier lugar del cosmos donde estés, sé que estás orgulloso y nos cuidas siempre.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, quien me ha apoyado, impulsado y siempre ha creído en mí.

A mis tutores, Ileana y René, por su paciencia, tiempo y motivación a cada paso del camino.

A la Universidad Espiritu Santo, especialmente a la Escuela de Ciencias Ambientales y todos mis profesores por su guía: Julián, René, Ileana, Nardy, Natalia y Juan Carlos.

Resumen

Las áreas protegidas (AP) son componentes clave para la conservación de la biodiversidad, por ello, las especies exóticas representan un problema importante. En Ecuador, la información se centra en Galápagos; mientras que, en territorio continental existen escasos estudios sobre su invasividad e impacto. El presente estudio pretendió estimar el impacto de invasión vertebrados exóticos en 10 APs de la Amazonía Ecuatoriana y zonas de amortiguamiento (ZA). Para el inventario, se recopiló información de bases de datos de biodiversidad, artículos de investigación, proyectos de universidades, instituciones públicas y planes de manejo de las AP seleccionadas. Para determinar el impacto se utilizó el protocolo EICAT, donde se realizó una revisión de la literatura para obtener información de los impactos reportados. Se inventarió un total de 15 vertebrados terrestres y acuáticos, donde 14 de estos se encontraban en las AP y 9 en las ZA con especies repetidas en ambas zonas; *Anolis sagrei* se registró solo en las AP y *Oncorhynchus mykiss* únicamente en las ZA. La AP con mayor riqueza fue Cuyabeno, y para las ZAs fue Yasuní. La especie con mayor número de registros fue *Bubulcus ibis* en ambas zonas. En su mayoría se clasificaron como riesgo moderado, siendo los mecanismos más predominantes competencia y depredación. Se concluyó que, EICAT se puede aplicar eficazmente para categorizar y cuantificar los impactos de especies exóticas, lo que podría replicarse a las AP de todo el país para priorizar su manejo. Sin embargo, por la falta de información se debe complementar con estudios relacionados.

Palabras clave: áreas de conservación, especies invasoras, Clasificación de Impacto Ambiental de los Taxones Exóticos (EICAT), mecanismos de impacto, prioridades de manejo.

Abstract

Protected areas (PA) are key components for biodiversity conservation, therefore, exotic species represent a major problem. In Ecuador, information focuses on Galapagos; while, in continental territory there are few studies on their invasiveness and impact. This study aimed to estimate the impact of invasion of exotic vertebrates in 10 protected areas of the Ecuadorian Amazon and buffer zones (BZ). For the inventory, information was collected from biodiversity databases, research articles, university projects, public institutions and management plans of the selected PAs. To determine the impact, the EICAT protocol was used, where a literature review was executed to obtain information on the reported impacts. A total of 15 terrestrial and aquatic vertebrates were inventoried, 14 of which were found in the PAs and 9 in the BZs, with repeated species in both areas; *Anolis sagrei* was recorded only in the PAs and *Oncorhynchus mykiss* only in the BZs. The PA with the highest richness was Cuyabeno, and Yasuní was the richest in the BZs. The species with the highest number of records was *Bubulcus ibis* in both areas. Most of them were classified as moderate risk, with competition and predation being the most predominant mechanisms. It was concluded that EICAT can be applied effectively to categorize and quantify the impacts of exotic species, which could be replicated to PAs throughout the country to prioritize their management. However, due to the lack of information, it must be complemented with related studies.

Keywords: conservation areas, invasive species, Environmental Impact Classification of Alien Taxa (EICAT), impact mechanisms, management priorities.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con niveles casi inigualables de biodiversidad y endemismo (Van der Hoek, 2017), considerando la heterogeneidad de sus paisajes, ecosistemas, flora y fauna (Boada, 2008). Ecuador, con solo el 0,17% de la superficie de la Tierra, es uno de los 17 países megadiversos, hogar de más del 11% de todas las especies de vertebrados terrestres del mundo teniendo el mayor número por unidad de superficie con casi 11 especies por cada 1.000 km² (Bravo, 2014). La falta de estaciones marcadas debido a la situación ecuatorial del país junto con la presencia de la cordillera de los Andes y la Amazonía, permite que muchas especies de plantas y animales obtengan una fuente de recursos constante y biodiversa (Mena y Manosalvas, 2011).

En las últimas décadas, Ecuador, como muchos otros países de América del Sur, ha enfrentado importantes desafíos para la conservación del hábitat en todo su territorio (Varea, 2004). Entre ellos se encuentra la introducción de especies exóticas, el cual es un problema creciente debido a que pone en peligro el equilibrio biológico de los ecosistemas (Sánchez, 2018); considerando que algunas especies se han vuelto invasoras lo que amenaza la flora y fauna nativa y endémica de este frágil ecosistema (Walsh et al., 2008). Por esta razón, las áreas protegidas (APs) son un componente clave de la respuesta global al cambio y la degradación ambiental (Conroy et al., 2011), ya que representan algunas de las últimas oportunidades para retener ecosistemas lo más intactos posible (Geldmann et al., 2013).

Las áreas protegidas cubren aproximadamente el 15% de la superficie terrestre de la Tierra y significan contribuciones invaluable a la conservación de especies endémicas y al mantenimiento de las funciones ecológicas naturales (Gray et al., 2016). En los últimos 50 años el Estado ecuatoriano para intentar disminuir las consecuencias, ha establecido una red extensa de áreas protegidas denominado Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), con la finalidad de garantizar la supervivencia de la biodiversidad (Reck y Martínez, 2010). El SNAP comprende alrededor de 18.401.927 hectáreas conservadas que equivalen al 13,64% del territorio ecuatoriano (Ministerio del Ambiente [MAE], 2019), con un total de 63 áreas protegidas (MAE, 2021).

El impacto de las invasiones biológicas puede ser incluso peor en las áreas protegidas que en otros lugares, porque estas zonas preservan elementos clave de la diversidad biológica global, asegurando el mantenimiento de servicios esenciales para el sustento de muchas comunidades (Foxcroft et al., 2013). Sin embargo, se están convirtiendo cada vez más en restos desconectados de hábitats naturales incrustados en un mosaico más grande de diferentes tipos de uso de la tierra (Meiners y Pickett, 2013). Como tal, estos sitios están amenazados por una

amplia gama de acciones antropogénicas (Carey et al., 2000), así como por la invasión de especies no autóctonas; la cual es una de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos para las áreas protegidas (Foxcroft et al., 2013), siendo la segunda causa de pérdida de biodiversidad y cambios ambientales en el planeta (Aguilar, 2005; Leadley et al., 2014).

Un impulsor principal del ritmo cada vez más rápido de las invasiones biológicas es el acelerado movimiento de personas y bienes en todo el mundo (Anderson et al., 2015). Si bien el transporte relacionado con el comercio es la vía principal para las invasiones, el turismo también es un factor importante para el movimiento intencional o no intencional de especies exóticas (Clout y De Poorter, 2005). Por ello, Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 2014) propuso el marco de rutas de introducción como un estándar global contando seis categorías principales y 44 subcategorías. Las seis categorías fueron adoptadas del marco de Hulme et al. (2008) e incluyen: liberación en el medio, escapes, transporte de contaminantes, transporte de polizones, dispersión en corredores y dispersión natural (CDB, 2014).

A nivel mundial, Liu et al. (2020) establecieron que existían 894 animales terrestres invasores de 11 grupos taxonómicos que incluyen vertebrados e invertebrados en 199.957 áreas protegidas a escala global. Se encontró que menos del 10% de las áreas protegidas son el hogar de cualquiera de los animales exóticos, pero hay al menos una población establecida dentro de los 10 a 100 km de los límites del 89%-99% de las áreas protegidas; mientras que, más del 95% de las áreas protegidas son ambientalmente adecuadas para su establecimiento (Liu et al., 2020). En cuanto a la subregión andina que incluye los países de Ecuador, Colombia, Perú y Bolivia, existe una lista preliminar de especies exóticas con 227 especies; en su mayoría plantas, incluye 92 malezas invasoras, 61 insectos plaga y 30 vertebrados (Olmedo, 2011).

En Ecuador, se posee información principalmente acerca de Galápagos considerando que existe mayor amenaza por especies exóticas; por ende, se desarrolla con mayor relevancia la prevención, erradicación y estudio de estas especies en comparación al territorio continental, donde el estudio y seguimiento es significativamente menor debido a que la información es dispersa (MAE, 2010). En Ecuador continental, se han identificado las principales especies exóticas invasoras que están presentes en el país, sin embargo, en su mayoría existen estudios que han documentado la presencia de vegetación invasora (MAE, 2010).

Como ejemplos de estudios realizados en el territorio continental cabe mencionar los siguientes. El MAE (2011) presentó una lista preliminar con 44 especies exóticas introducidas e invasoras en Ecuador continental donde se prioriza cinco especies exóticas con mayor ocurrencia e impacto negativo: lechugín (*Eichhornia crassipes*), rana toro (*Lithonates*

catesbeianus), *Polylepis racemosa*, caracol de arroz (*Pomacea sp*) y caracol gigante africano (*Achatina fúlica*). Por otro lado, Espinoza-Amén et al. (2021) presentaron una lista con 78 especies exóticas en ocho áreas protegidas de la región Costa, que fueron priorizadas según criterios establecidos en un árbol de decisión. Para la Amazonía ecuatoriana, se estudiaron plantas exóticas naturalizadas con potencial de invasoras en zonas periurbanas del cantón Pastaza; se identificaron 15 especies destacando cuatro especies vegetales, que son actualmente y pueden convertirse en un problema para la economía y biodiversidad (Carvajal et al., 2020).

Con estos antecedentes, el estudio de las especies exóticas de vertebrados es de suma importancia debido a que la mayoría de las áreas protegidas alrededor del mundo enfrentan la amenaza de múltiples especies invasoras, por ello, los administradores deben implementar prácticas de control para limitar su propagación e impacto (Ziller et al., 2020). Las oportunidades para erradicar o controlar eficazmente las especies invasoras son limitadas debido a obstáculos relacionados principalmente con el tiempo y recursos financieros (Cheney et al., 2018). Por lo que, aplicar este proyecto en las APs de la Amazonía Ecuatoriana puede ayudar al futuro establecimiento de prioridades lo cual es clave para el manejo efectivo de especies invasoras no nativas (McGeoch y Latombe, 2016). De igual manera, cumpliría la meta 15.8 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la meta 9 de Aichi de identificar especies exóticas invasoras y adoptar medidas para prevenir su introducción (Coates, 2016; Naciones Unidas, 2020).

Finalmente, esta investigación pretende estimar el impacto de la invasión de especies exóticas de vertebrados localizados en las áreas protegidas y zonas de amortiguamiento en la Amazonía ecuatoriana a través del protocolo EICAT. La Clasificación de Impacto Ambiental de los Taxones Exóticos (EICAT, por sus siglas en inglés), establecida por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), sirve para cuantificar la variación en la gravedad y tipo de impactos ambientales generados por especies exóticas (Blackburn et al., 2014); cuyos impactos se clasifican en uno de cinco niveles de gravedad, desde preocupación mínima hasta masiva, mediante los 12 mecanismos de impacto posibles (Hawkins et al., 2015). Esta información ayudaría a ampliar el conocimiento acerca de las especies invasoras en esta zona lo que implicaría un paso para la detección temprana de estas especies mediante el monitoreo a largo plazo. Esto es esencial para comprender los patrones de invasión y los impactos sobre las especies nativas asociadas, y a su vez, elaborar planes para su rápida y exitosa erradicación o control lo que permitiría limitar sus efectos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estimar el impacto de la invasión de especies exóticas de vertebrados localizados en áreas protegidas de la Amazonía Ecuatoriana incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento a través del protocolo EICAT.

Objetivos Específicos

1. Inventariar las especies exóticas de vertebrados presentes en áreas protegidas y sus correspondientes zonas de amortiguamiento en la Región Amazónica del Ecuador.
2. Comparar el nivel de impacto de los taxones exóticos entre áreas protegidas y zonas de amortiguamiento según su mecanismo de invasión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio comprendió las áreas protegidas de la región Amazónica del Ecuador, la cual es parte de la cuenca del Amazonas y alberga el bosque tropical continuo más grande del mundo (Laurance et al., 2001). De todos los países amazónicos, Ecuador es el de menor superficie con solo el 1% de la cuenca Amazónica (Pitman et al., 2017), con un área de 120.000 km² de abundante vegetación lo que es característico de los bosques húmedo-tropicales; de igual manera, comprende las provincias de Orellana, Pastaza, Napo, Sucumbíos, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Secretaría Técnica de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica [CTEA], 2019). Sus límites están definidos por la Cordillera de los Andes en la parte occidental, mientras que Perú y Colombia en el límite meridional y oriental (CTEA, 2019); biogeográficamente se considera desde el piedemonte andino aproximadamente desde los 600 msnm, hasta la frontera con Perú (Franco y Álvarez, 2019).

La región Amazónica presenta 10 áreas protegidas con seis categorías: parque nacional, reserva biológica, reserva ecológica, reserva de producción de fauna, refugio de vida silvestre y área ecológica de conservación municipal (MAE, 2019). Estas áreas abarcan un área total de 1.936.414,5 hectáreas.

Asimismo, se consideró una zona de amortiguamiento establecida alrededor de 10 km de cada AP. Se seleccionó esta distancia porque crea un área de amortiguamiento lo suficientemente extensa como para obtener datos más confiables sobre los registros y riqueza de las especies exóticas (Mas, 2005); además que, permite conocer los taxones exóticos que

podrían afectar e invadir las áreas protegidas en un futuro cercano (Alexandre et al., 2010). Se visualiza la Figura 1.

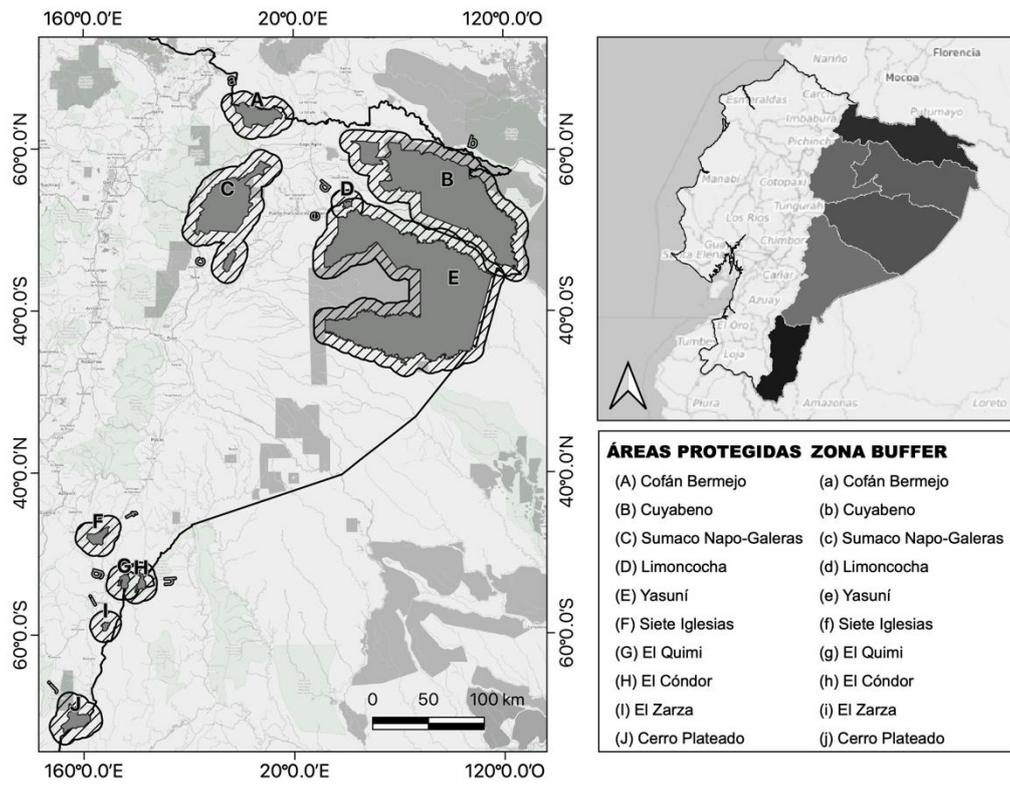


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas protegidas y zonas de amortiguamiento de la región Amazónica ecuatoriana

Igualmente, las características más relevantes a estudiar de estas APs fueron descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las Áreas Protegidas de la Región Amazónica

Área Protegida	Categoría	Ubicación	Área (Ha)	Altitud (m)	Año de Creación	Ecosistemas	Referencias
Cofán-Bermejo	Reserva Ecológica	Sucumbíos	55.451	400-2.275	2002	Bosque siempreverde de tierras bajas, bosque siempreverde de tierras bajas inundable por aguas blancas, bosque siempreverde piemontano, bosque siempreverde montano bajo, bosque de neblina montano	(Rivera y Rivadeneria-Roura, 2007)
Cerro Plateado	Reserva Biológica	Zamora Chinchipe	26.114,5	840-3.120	2010	Bosque denso piemontano, bosque denso montano, arbustal denso montano, páramo arbustivo	(Aguirre, 2014)
Cuyabeno	Reserva de Producción de Fauna	Orellana y Sucumbíos	590.112	177-326	1979	Bosque siempreverde de tierras bajas, bosque siempreverde de tierras bajas inundables por aguas blancas, bosque siempreverde de tierras bajas inundable por aguas negras, bosque inundable de palmas de tierras bajas, herbazal lacustre de tierras bajas	(Rivadeneria-Roura, 2007d)
El Cóndor	Reserva Biológica	Morona Santiago	2.440	200-2.920	1999	Bosque amazónico, bosque premontano, bosque premontano de tepuy sobre arenisca, bosque montano, bosque montano de tepuy sobre arenisca, matorral montano alto, matorral montano alto de tepuy sobre arenisca	(Coloma-Santos, 2007a)
El Quimi	Reserva Biológica	Morona Santiago	9.276	1.700-2.480	2006	Bosque montano bajo, bosque montano bajo de tepuy sobre arenisca, matorral montano de tepuy sobre arenisca, matorral montano alto de tepuy sobre arenisca, bosque montano, matorral montano alto	(Rivadeneria-Roura, 2007c)
El Zarza	Refugio de Vida Silvestre	Zamora Chinchipe	3.696	1.400-1.680	2006	Bosque montano bajo, bosque montano bajo de tepuy sobre arenisca	(Rivadeneria-Roura, 2007b)
Limoncocha	Reserva Biológica	Sucumbíos	4.613	230	1985	Bosque siempreverde de tierras bajas, bosque siempreverde de tierras bajas inundado por aguas blancas, bosque siempreverde de tierras bajas inundado por aguas negras, bosque inundable de palmas de tierras bajas, herbazal lacustre de tierras bajas	(Rivera, 2007)
Siete Iglesias	Área Ecológica de Conservación Municipal	Morona Santiago	16.224	1.140-3.840	2006	Bosque siempreverde montano bajo de los andes orientales del sur, bosque de neblina montano de los andes orientales, bosque siempreverde montano alto de los andes orientales., páramo herbáceo	(Fundación Ecológica Arcoíris, 2009)
Sumaco Napo-Galeras	Parque Nacional	Napo y Orellana	205.751	500-3.732	1994	Páramo de pajonal, bosque de neblina montano, bosque siempreverde montano bajo, bosque siempreverde piemontano, bosque siempreverde de tierras bajas, matorral húmedo montano bajo	(Coloma-Santos, 2007b)
Yasuní	Parque Nacional	Orellana y Pastaza	1.022.737	190-400	1979	Bosque siempreverde de tierras bajas, bosque siempreverde de tierras bajas inundable por aguas blancas, bosque siempreverde de tierras bajas inundable por aguas negras, bosque inundable de palmas de tierras bajas	(Rivadeneria-Roura, 2007a)

Con respecto al clima, se destaca que es la región más húmeda debido a la coexistencia de dos climas amazónicos: húmedo y semihúmedo, con temperaturas que varían entre 22°C y 26°C con precipitaciones abundantes y frecuentes durante todo el año con más de 3.000 mm anuales (Yépez, 2012). Por esta razón, existe menor probabilidad de fuertes sequías considerando que la precipitación es controlada por la convergencia de humedad de los Andes siendo una zona densamente nublada (Malhi et al., 2008).

Con respecto a los registros de las especies exóticas involucradas, esta información data desde el año de 1818 hasta la más actual que incluye 2021 de acuerdo a la bibliografía consultada.

Diseño

Este estudio fue no experimental siendo una investigación longitudinal con diseño panel debido a que se refiere a datos recolectados a través del tiempo provenientes de bases de datos que poseen información histórica de especies exóticas en el país; igualmente, toda la información es considerada y analizada en todos los tiempos (Hernández et al., 2014).

Para esta investigación se consideró la riqueza y número de registros de las especies estudiadas. De acuerdo a T.M Smith y Smith (2007), la riqueza se consideró como el recuento del número de especies en el área. A la vez que, el número de registros se refiere al número de individuos presentes. Se examinaron las siguientes variables: ocurrencia en APs, origen e impacto de las especies exóticas.

Inventario de Especies Exóticas

Con la finalidad de obtener un inventario de especies exóticas de vertebrados en las áreas protegidas y sus respectivas zonas de amortiguamiento, se realizó una búsqueda bibliográfica en distintas fuentes de información: (a) base de datos globales de biodiversidad, se consultó el Registro Global de Especies Introducidas e Invasoras (*i.e.* GRIIS disponible en <http://www.griis.org>), iNaturalist (*i.e.* disponible en <https://www.ecuador.inaturalist.org>), base de datos en línea de distribución y abundancia de aves (*i.e.* disponible en <http://www.ebird.org/region/EC>), y la Red Mundial de Información en Biodiversidad (*i.e.* disponible en <https://www.gbif.org/country/EC/summary>); (b) artículos de investigación recuperados de bases de datos académicos tales como Scopus, SciELO, Google Scholar, entre otros; (c) repositorios de tesis y proyectos de universidades públicas y privadas nacionales; (d) información proporcionada por instituciones públicas relacionadas con la biodiversidad en Ecuador (Instituto Nacional de Biodiversidad y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición

Ecológica), y; (e) Planes de Manejo para las Áreas Protegidas seleccionadas recuperados del sitio web del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA). Esta indagación se realizó desde mayo hasta septiembre del año 2021 tomando en cuenta incluir la ocurrencia en APs y el origen de las especies exóticas.

Para la elaboración de este inventario, fue necesario partir de la base de datos de GBIF. Por lo que, se descargaron las coordenadas geográficas de la lista de verificación de especies introducidas e invasoras en Ecuador (Herrera et al., 2020). Estas especies no nativas de vertebrados fueron ploteadas en un mapa que contenía las áreas protegidas y zonas de amortiguamiento de la Amazonía Ecuatoriana utilizando el sistema de información geográfica QGIS versión 3.10.10-A Coruña. Posteriormente, las ocurrencias de especies fueron filtradas de acuerdo al área y zona en estudio para ser ingresadas en el inventario.

Estimación de Impacto mediante EICAT

Para determinar el nivel de impacto de las especies invasoras se utilizó el protocolo de EICAT (<https://www.iucn.org/theme/species/our-work/invasive-species/eicat>), el cual se basa en pruebas publicadas de los impactos de los taxones exóticos que se están evaluando (Hawkins et al., 2015). Para EICAT, se clasificó el impacto siguiendo las pautas para cada uno de los 12 mecanismos: (1) Competencia, (2) Depredación, (3) Hibridación, (4) Transmisión de enfermedades a especies nativas, (5) Parasitismo, (6) Envenenamiento/toxicidad, (7) Bioincrustación u otra perturbación física directa, (8) Pastoreo/herbivoría/ramoneo, (9) Impacto químico, (10) Impacto físico, (11) Impacto estructural en el ecosistema, (12) Interacción con otras especies (Blackburn et al., 2014). Se establecieron dentro de cinco categorías según su gravedad: preocupación mínima (MC), menor (MN), moderada (MO), mayor (MR), o masiva (MV) (Blackburn et al., 2014).

Se registró información sobre el impacto de cada especie para todos los mecanismos de los que se disponía de datos. Siguiendo las directrices de EICAT para asignar la puntuación de impacto final, se utilizó la categoría con la puntuación más alta, es decir, el impacto más severo (Hawkins et al., 2015). Si existió evidencia que sugiriera que una especie tenía una población exótica, pero no se disponía de información suficiente para determinar y clasificar los impactos de esa especie, se asignó a la categoría de datos insuficientes (DD) (Blackburn et al., 2014).

Asimismo, para cuantificar la incertidumbre sobre la clasificación correcta de la magnitud de los impactos ambientales de cualquier especie invasora, se agregaron calificaciones de confianza de “alto”, “medio” o “bajo” a cada evaluación, siguiendo la guía de EICAT (Hawkins et al., 2015).

Análisis de datos

Con base a la información obtenida de la revisión bibliográfica, se completó una tabla del inventario de las especies exóticas con su respectiva taxonomía, origen, y número de registros en el área protegida y su zona de amortiguamiento. La riqueza de especies exóticas fue graficada de acuerdo a su área protegida y zona de amortiguamiento.

En relación a ambas zonas en estudio, se efectuó un mapa de calor con base al número de registros de especies exóticas para poder determinar presencia y ausencia. De igual modo, se realizó un análisis clúster para poder analizar la homogeneidad entre zonas con base a la riqueza de especies, donde para la escala los sitios más cercanos a uno no se encuentran relacionados y los más cercanos a cero tienen la mayor relación entre sí (Núñez y Escobedo, 2011). Se utilizó el índice de Sørensen-Dice que permite comparar la presencia y ausencia de cada especie presente entre sitios (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Por último, para el resultado de la estimación de impacto, se presentó un listado de las especies con su respectiva categoría, su nivel de confianza y si la especie se encuentra entre las lista de las 100 peores especies (Lowe et al., 2004). Se graficó la cantidad de mecanismos de impacto registrados de acuerdo a su categoría impacto asignada a cada especie.

Los procedimientos estadísticos se efectuaron con ayuda del Software R, interfaz RStudio versión 1.4.1106.

RESULTADOS

Inventario de Especies Exóticas

En las áreas protegidas y zonas de amortiguamiento, se registró un total de ocurrencias de 15 especies exóticas de vertebrados como se observa en la Tabla 2 y 3. De este total, 12 corresponden a vertebrados terrestres y tres a vertebrados acuáticos.

En la Tabla 2, se evidencia la ocurrencia de 14 de las 15 especies en las áreas protegidas con un total de 128 registros. De las 10 áreas en estudio, las especies invasoras solo se encuentran en cinco de ellas que incluyen: Cuyabeno, Sumaco Napo-Galeras, Limoncocha, Yasuní y El Zarza. Un hallazgo interesante es la aparición de *Anolis sagrei* en Yasuní considerando que es la primera aparición de la especie en la región, lo que implica riesgos futuros.

Tabla 2. Lista de Especies Exóticas por Número de Registro en las Áreas Protegidas de la Región Amazónica

Reino	Familia	Especie	Origen	Áreas Protegidas												
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	T		
Animalia	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i> (Duméril & Bibron, 1837)	Cuba					1								1
Animalia	Bovidae	<i>Bos taurus</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia	2				1								3
Animalia	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia/África	16	3	2	37									58
Animalia	Canidae	<i>Canis familiaris</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia	2				1								3
Animalia	Columbidae	<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	Eurasia/África	7		2	19						1			29
Animalia	Felis catus	<i>Felis catus</i> (Linnaeus, 1758)	África	1				1								2
Animalia	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i> (Duméril & Bibron, 1836)	Asia						2							2
Animalia	Gekkonidae	<i>Hemidactylus mabouia</i> (Moreau de Jonnés, 1818)	África													1
Animalia	Muridae	<i>Mus musculus</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia	2				2								4
Animalia	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Norteamérica													0
Animalia	Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)	África	1			1									2
Animalia	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	África	1			1									2
Animalia	Passeridae	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia/África	2			1	5								8
Animalia	Muridae	<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	Asia	4				7								11
Animalia	Suidae	<i>Sus scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia/África	1	1											2

Nota. A, Cofán Bermejo; B, Cuyabeno; C, Sumano-Napo Galeras; D, Limoncocha; E, Yasuní; F, Siete Iglesias; G, El Quimi; H, El Cóndor; I, El Zarza; J, Cerro Plateado; T, Total.

Mientras que, en la Tabla 3 para las zonas de amortiguamiento, se puede destacar la ocurrencia de nueve especies del total de 15 en estudio, con 239 registros en total. De las 10 áreas, las especies invasoras se encuentran en siete de ellas que incluyen las antes mencionadas para las APs y dos áreas más: Cofán Bermejo y Siete Iglesias. Se recalca la presencia de *Oncorhynchus mykiss* considerando que solo se encuentra en la ZA de Sumaco-Napo Galeras, y no en las áreas protegidas.

Tabla 3. Lista de Especies Exóticas por Número de Registro en las Zonas de Amortiguamiento de las Áreas Protegidas de la Región Amazónica

Reino	Familia	Especie	Origen	Zona de Amortiguamiento											
				a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	T	
Animalia	Polychrotidae	<i>Anolis sagrei</i> (Duméril & Bibron, 1837)	Cuba												0
Animalia	Bovidae	<i>Bos taurus</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia												0
Animalia	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia/África	3	12	37	14	53	2						121
Animalia	Canidae	<i>Canis familiaris</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia					1							1
Animalia	Columbidae	<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	Eurasia/África	1	15	19	9	35	1						80
Animalia	Felis catus	<i>Felis catus</i> (Linnaeus, 1758)	África												0
Animalia	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i> (Duméril & Bibron, 1836)	Asia		1			1							2
Animalia	Gekkonidae	<i>Hemidactylus mabouia</i> (Moreau de Jonnès, 1818)	África						1						1
Animalia	Muridae	<i>Mus musculus</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia			3	1	3							7
Animalia	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Norteamérica			3									3
Animalia	Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)	África												0
Animalia	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	África												0
Animalia	Passeridae	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia/África			5		7							12
Animalia	Muridae	<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	Asia		1	5		4				2			12
Animalia	Suidae	<i>Sus scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	Eurasia/África												0

Nota. a, Cofán Bermejo; b, Cuyabeno; c, Sumano-Napo Galeras; d, Limoncocha; e, Yasuní; f, Siete Iglesias; g, El Quimi; h, El Cóndor; i, El Zarza; j, Cerro Plateado; T, Total.

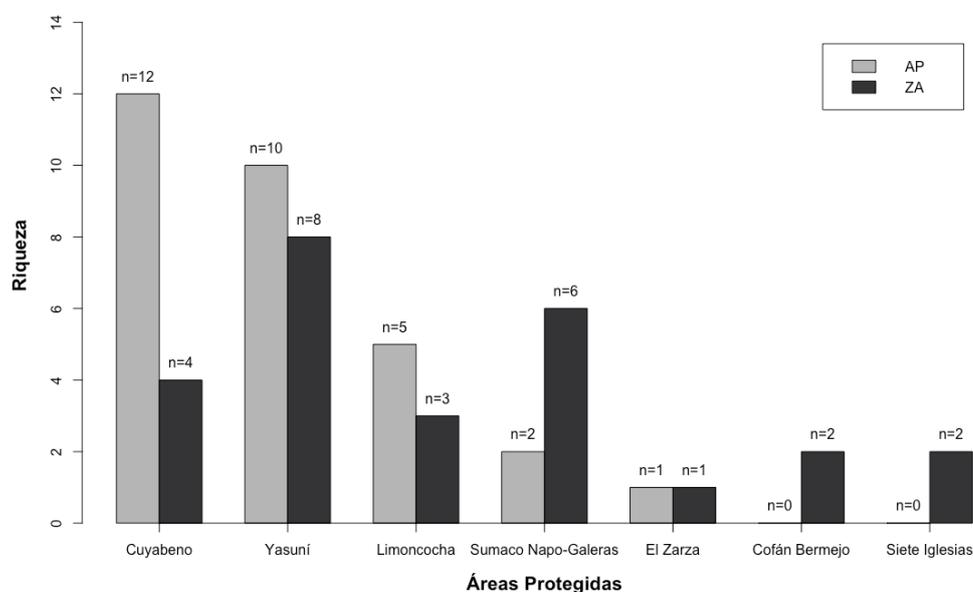


Figura 2. Riqueza de Especies Exóticas por Área Protegida y Zona de Amortiguamiento

Con respecto a la riqueza en la Figura 2, se puede destacar que Cuyabeno tiene la mayor riqueza en las APs con un 40% del total y una riqueza ponderada de 2,02 especies por cada 1.000 km². Sin embargo, Yasuní destaca al tener tanto en las APs como las ZAs el 33% y 31% con una riqueza ponderada de 0,97 y 1,1 especies por cada 1.000 km² respectivamente; siendo el mayor porcentaje para las zonas de amortiguamiento. Las zonas con menor riqueza en las ZAs fueron Cofán Bermejo y Siete Iglesias ya que no existían registros; igualmente, se recalca El Zarza con un 3,8% y una riqueza ponderada de 0,002 especies por cada km².

Por otro lado, existieron tres zonas que no registraron ninguna especie exótica: el Quimi, el Cóndor y Cerro Plateado. Es relevante mencionar que para Cofán Bermejo y Siete Iglesias existen 2 especies presentes en la zona de amortiguamiento, pero en el área protegida no presenta ninguna.

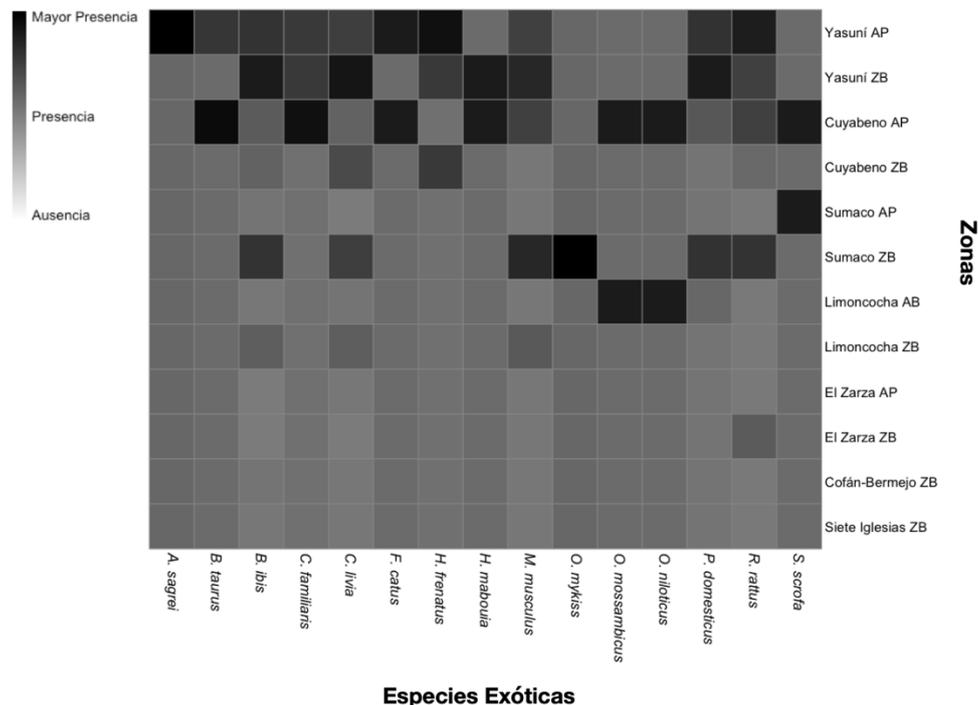


Figura 3. Mapa de Calor del Número de Registros de Especies Exóticas en las Áreas Protegidas (AP) y Zonas de Amortiguamiento (ZA).

En la Figura 3, se observa el mapa de calor que muestra la magnitud del registro de especies invasoras en las zonas en estudio. A partir de este gráfico, se puede mencionar que la especie con mayor cantidad de registros es *Bubulcus ibis* considerando que en las áreas protegidas representa el 45,31% y en las zonas de amortiguamiento el 50,63%. En segundo lugar, se encuentra *Columba livia* con un 22,66% en las APs y 33,47% en las ZAs.

La zona con mayores registros es Yasuní con un 59,38% y 43,93% de presencia de especies exóticas en el área protegida y zona de amortiguamiento respectivamente. Cabe mencionar que *Oncorhynchus mykiss* solo se encontró en la zona buffer de Sumaco Napo-Galeras y *Anolis sagrei* solo en Yasuní área protegida.

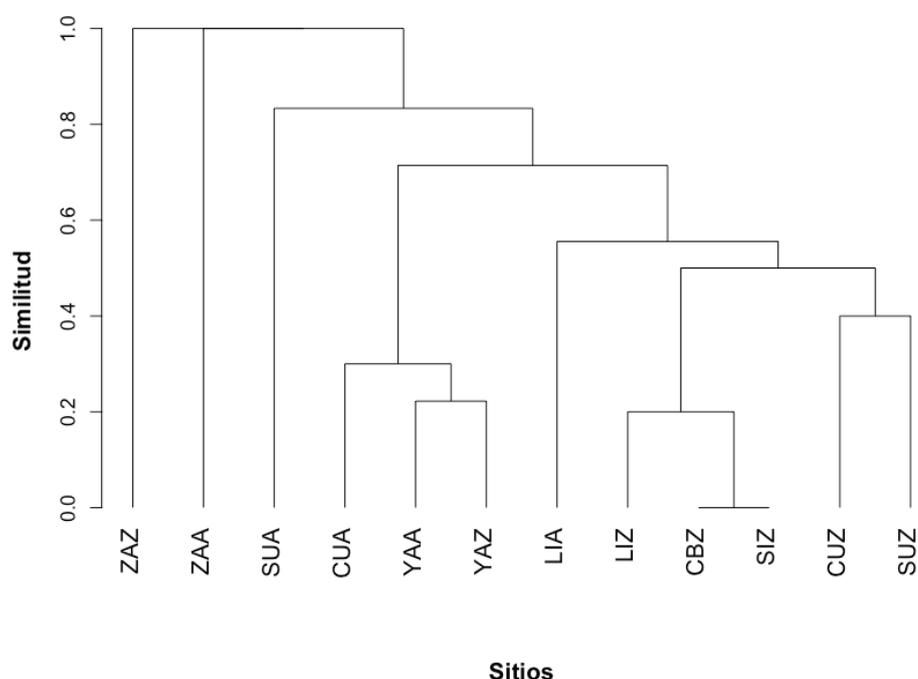


Figura 4. Dendrograma de Similitud de Sitios. (AP) Área Protegida y (ZA) Zona de Amortiguamiento. Sitios: ZAZ, El Zarza ZA; SUA, Sumaco Napo-Galeras AP; CUA, Cuyabeno AP; YAA, Yasuní AP; YAZ, Yasuní ZA; ZAA, El Zarza AP; CUZ, Cuyabeno ZB; SUZ, Sumaco Napo-Galeras ZB; LIA, Limoncocha AP; LIZ, Limoncocha ZB; CBZ, Cofán Bermejo ZA; SI, Siete Iglesias ZA.

En la Figura 4, se puede observar el dendrograma que expone la similitud existente entre zonas de acuerdo a la riqueza de las especies invasoras. La zona CBZ y SIZ guardan la mayor relación entre ellas por su distancia de cero, y estas a su vez, poseen semejanzas con LIZ con una distancia baja de 0,20. Para YAA y YAZ se destaca la similitud entre ellas con 0,22 de distancia, tomando en consideración que es la misma área protegida y se repiten la mayoría de las especies. Las zonas ZAA y ZAZ no guardan relación con las demás zonas con distancia uno, debido a que ambas poseen una sola especie distinta entre ellas.

Es importante destacar que existe mayor afinidad entre zonas de amortiguamiento que entre áreas protegidas entre sí, considerando que las ZAs poseen mayores registros que las APs, esto con solo nueve especies de 15 del total. Esto indica que la riqueza se encuentra homogeneizada en las ZAs, y en las APs existen mayores diferencias entre sí.

Estimación de Impacto mediante EICAT

A partir de la Tabla 4, los resultados del cuestionario EICAT para la estimación de impacto evidencian que la categoría más predominante fue la de riesgo moderado con un 40%; por otra parte, no se encuentra en la lista la categoría de preocupación mínima. Como se mencionó anteriormente, al ser un nuevo descubrimiento la presencia de *Anolis sagrei* en la Amazonía Ecuatoriana, no se puede determinar aún su impacto y la información para el resto del territorio continental es escasa, por lo que, se la clasifica en datos insuficientes.

Las especies con mayor impacto asignado, que corresponde a masivo, son *Felis catus*, *Mus musculus* y *Rattus rattus*. Mientras que, las de menor impacto son *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia* y *Passer domesticus*.

Tabla 4. Categoría de Impacto de las Especies Exóticas

Species	Category	Impact	Leve of Confidence	100 Worst List
<i>Anolis sagrei</i> (Duméril & Bibron, 1837)	DD	1, 2, 3, 4	Low	No
<i>Bos taurus</i> (Linnaeus, 1758)	MO	1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11	High	No
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	MO	1, 2, 4, 8	Medium	No
<i>Canis familiaris</i> (Linnaeus, 1758)	MO	1, 2, 3, 4	High	No
<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	MO	1, 4, 7	Medium	Yes
<i>Felis catus</i> (Linnaeus, 1758)	MV	1, 2, 3, 4	High	No
<i>Hemidactylus frenatus</i> (Duméril & Bibron, 1836)	MN	1, 2, 3, 4, 12	Medium	No
<i>Hemidactylus mabouia</i> (Moreau de Jonnés, 1818)	MN	1, 2	Low	No
<i>Mus musculus</i> (Linnaeus, 1758)	MV	1, 2, 4, 12	High	Yes
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	MO	1,2,3,4	Low	Yes
<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)	MR	1,2,3	High	Yes
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	MO	1,2,3	Low	No
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	MN	1, 2	High	No
<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	MV	1, 2, 4, 8, 12	High	Yes
<i>Sus scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	MR	1, 2, 4, 7, 8, 10, 12	High	No

Nota. MC, preocupación mínima; MN, menor; MO, moderado; MR, mayor; MV, masiva; DD, Datos Insuficientes. (1) Competencia, (2) Depredación, (3) Hibridación, (4) Transmisión de enfermedades a especies nativas, (7) Bioincrustación u otra perturbación física directa, (8) Pastoreo/herbivoría/ramoneo, (10) Impacto físico, (11) Impacto estructural en el ecosistema, (12) Interacción con otras especies.

^a Lowe et al., 2004.

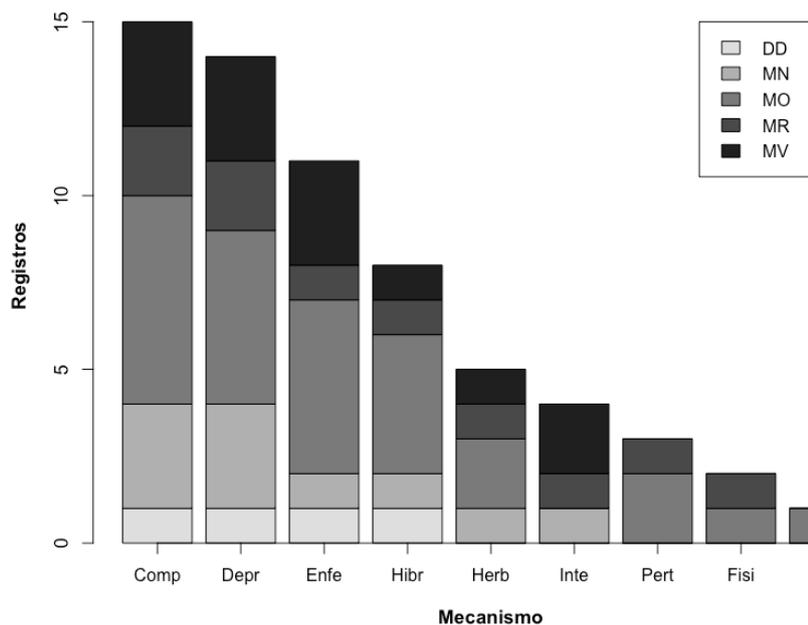


Figura 5. Cantidad de mecanismos asignados a cada especie por categoría de impacto. Comp, Competición; Depr, depredación; Enfe, Transmisión de enfermedades; Hibr, Hibridación; Herb, Pastoreo/herbivoría/ramoneo; Inte, Interacción con otras especies; Pert, Bioincrustación u otra perturbación física directa; Físi, Impacto físico; Estr, Impacto estructural.

De acuerdo a la Figura 5, se puede observar que de las cinco categorías de impacto solo se encuentran presente cuatro (MN, MO, MR y MV) y la categoría de DD. Para todas las categorías de impacto presentes, existe el mecanismo de competencia para las 15 especies invasoras lo que corresponde al 23,81% del total. El mecanismo de depredación se encuentra en el 93,33% de las especies ya que está presente en todas excepto en *Columba livia*, lo que representa el 22,22% del total. El mecanismo con menos presencia corresponde a impacto estructural con 1,59% tomando en cuenta que solo *Bos taurus* posee este impacto.

DISCUSIÓN

Inventario de Especies Exóticas

El presente estudio representa el primer inventario de especies exóticas de vertebrados en áreas protegidas y zonas de amortiguamiento de la Amazonía ecuatoriana, donde se obtuvo un total de 15 especies presentes, 12 vertebrados terrestres y tres vertebrados acuáticos; en un total de 5 APs y 7 ZAs del total de las 10 áreas en estudio. Con respecto a la riqueza de las áreas protegidas, se destacaron con mayor riqueza Cuyabeno y Yasuní las cuales son las zonas con mayor extensión de todas las áreas y, por ende, son las más vulnerables a invasiones biológicas (Liu et al., 2020). Igualmente, Yasuní al tener alta riqueza en ambas zonas se relaciona no solo a su superficie, sino también a que tiene zonas intervenidas donde es concurrido por seres humanos, especies exóticas y oportunistas lo que aumenta su probabilidad de invasión y concuerda con los datos obtenidos (Jiménez, 2020). En estos casos, se puede establecer que la cantidad de especies invasoras se encuentra relacionado a la extensión del área protegida, aunque este resultado puede estar sesgado tomando en cuenta que estas zonas son más estudiadas que las demás áreas.

Las especies con mayor número de registros corresponden a *Bubulcus ibis* y *Columba livia*. La primera especie parece ser la más adaptable de todas, posiblemente debido a su comportamiento de alimentación versátil, la falta de especificidad del entorno de anidación, su capacidad para utilizar hábitats inhibidos por humanos y ser carroñeros; esto juega un papel vital para su éxito de distribución en el mundo (Abdullah et al., 2017). Mientras que, la segunda especie es una de las especies cosmopolitas más antiguas y comunes que se distribuye ampliamente en el mundo (Johnston y Janiga, 1995). Esto considerando el acceso a alimentos directa o indirectamente por parte de personas en el entorno urbano que ha estimulado el aumento de la población; igualmente, son resistentes a algunas enfermedades y, al no padecerlas o presentar bajas tasas de mortalidad, podrían actuar como diseminadoras de patógenos (Vasconcelos et al., 2018).

En relación al dendograma de similitud de sitios, las zonas buffer de Cofán Bermejo y Siete Iglesias poseen la mayor similitud entre sí, tomando en cuenta que ambas zonas poseen las mismas especies que corresponden a *Bubulcus ibis* y *Columba livia*. Es importante destacar que, en las zonas antes mencionadas existen especies presentes en la zona de amortiguamiento, pero no dentro del área protegida; esto indica que se deben tomar medidas necesarias para la prevención de la introducción de estas especies en un futuro cercano.

Se destaca que Yasuní posee una alta riqueza en ambas zonas en comparación a las demás APs, lo que se evidencia por la similitud entre estos sitios dado que poseen una riqueza

semejante, y a su vez, son las zonas con mayor cantidad de registros. De manera general, de acuerdo al análisis clúster se obtuvo como resultado que las zonas de amortiguamiento se encuentran más relacionadas entre sí que las áreas protegidas. Esto implica que se encontraban distribuidas homogéneamente entre las zonas buffer ya que las especies *Bubulcus ibis* y *Columba livia* poseen la mayor cantidad de registros en estas zonas que en las áreas protegidas, y se encuentran presentes en seis de las siete zonas; además, *Rattus rattus* se encuentra en cuatro de las siete ZAs donde se encontraron especies invasoras.

Las áreas menos relacionadas son El Zarza tanto en su área protegida como zona buffer, esto debido a que poseen una sola especie en cada sitio, siendo *Columba livia* y *Rattus rattus* respectivamente. De acuerdo a Fundación Natura (2004) en el plan de manejo de esta área, se analizó la amenaza de las especies invasoras en seis objetos focales de conservación que incluía cuatro ecosistemas y dos grupos de fauna; esto resultó en un valor jerárquico global de amenaza bajo tomando en consideración que solo dos de los objetos obtuvieron una categoría, que resultaron en baja amenaza para ecosistemas de agua dulce y media amenaza para los grupos de anfibios. Esto implica que la zona debe ser estudiada, ya que en el plan de manejo se indica que no realizó ninguna investigación en este sitio y solo se tomaron en cuenta sitios cercanos (Fundación Natura, 2004).

Este análisis de la similitud entre zonas podría ser un punto de partida para realizar planes de acción de especies invasoras por bloques, esto considerando que los sitios que tienen riqueza similar pueden desarrollar programas semejantes para el control y/o erradicación de estas especies.

Existen tres áreas donde no se registraron especies exóticas: El Quimi, El Cóndor y Cerro Plateado. Esto se debe a la poca investigación realizada en las zonas por parte de la comunidad científica y del gobierno ecuatoriano dado que tampoco poseen planes de manejo para su conservación, lo que señala un aspecto relevante a tratar en estudios posteriores.

Estimación de Impacto mediante EICAT

Como se mencionó previamente, la especie con mayor número de registros fue *Bubulcus ibis* la cual está dentro de la categoría moderado. Esto debido a su reducido impacto sobre las especies nativas puesto que convive con ellas e incluso anida junto a las mismas sin conflictos observables (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2017); aunque compite con otras garzas por sitios de anidación y por material para fabricar sus nidos (Ehrlich et al., 1988). Igualmente, se conoce que albergan garrapatas que podrían introducir y propagar ciertas enfermedades (Centro de Biociencia Agrícola

Internacional [CABI], 2019b). *Columba livia* es la segunda especie con mayor cantidad de registros clasificada con riesgo moderado, especialmente por el mecanismo de competencia por hábitat con otras aves granívoras, como con *Columbina inca* lo que podría reducir sus poblaciones; por otro lado, cabe mencionar la tendencia que tiene al beneficiar aves carnívoras que se alimentan de ellas como *Falco peregrinus* (Fundación Charles Darwin [FCD], 2012; Gómez de Silva et al., 2005). Además, facilita la transmisión interespecífica de enfermedades ya que las palomas domésticas y sus nidos se encuentran infestados de ectoparásitos, como garrapatas, pulgas y ácaros; lo que puede causar problemas de salud a los humanos, aves silvestres y animales domésticos (Haag-Wackernagel y Spiewak, 2004).

Baptiste y Múnera (2010) clasificaron a *Bubulcus ibis* y *Columba livia* con un nivel de riesgo alto en su análisis realizado en Colombia, lo que contrasta con los resultados obtenidos. Esto se debe principalmente a que en Ecuador no se encuentran registradas mayores afectaciones a la biodiversidad que escalen hasta la extinción de otras especies, lo que conlleva a una clasificación menor. A pesar de que estas especies no están dentro de las categorías más altas de riesgo, es importante destacar el riesgo potencial del declive o extinción de especies nativas y endémicas al ser tan abundantes en las zonas en estudio.

Por otro lado, se destaca la presencia de *Oncorhynchus mykiss* en la zona buffer de Sumaco Napo-Galeras lo cual es relevante de considerar ya que se encuentra dentro de la categoría de gravedad moderado (MO) para Ecuador y dentro la lista de las 100 peores especies invasoras en el mundo al ser una de las especies de peces más introducidas (Lowe et al., 2004). Por lo tanto, se debe evitar su próxima introducción al área como tal debido a que se les ha implicado en la disminución de la especie endémica *Astroblepus sp.* en el Parque Nacional Cajas considerando que compite agresivamente con esta especie (MAE, 2018). Asimismo, se los nombra como un posible factor relacionado con la reducción de varias especies de anfibios en muchas regiones por su naturaleza depredadora al consumir sus huevos y larvas como se registra con la especie *Atelopus bomolochos* (Ron et al., 2003).

Igualmente, se menciona la presencia de *Anolis sagrei* en Yasuní al ser el primer registro de la especie en la región Amazónica ya que su primer registro fue en la provincia del Guayas (Amador et al., 2017). Se la consideró dentro de la categoría de datos insuficientes considerando que los posibles impactos sobre el medio ambiente en Ecuador son desconocidos, sin embargo, al encontrarse cerca de áreas de densa vegetación y bosques significa que es necesario monitorear adecuadamente su posible dispersión y efectos sobre la fauna nativa (Amador et al., 2017).

Las especies con mayor impacto dentro de la categoría de masivo (MV) corresponden a *Felis catus*, *Mus musculus* y *Rattus rattus* que se encuentran dentro la lista de las 100 peores (Lowe et al., 2004), por lo tanto, su manejo y monitoreo debe encontrarse entre las principales prioridades para proteger este ecosistema. Al mismo tiempo, Hagen y Kumschick (2018) en su evaluación de EICAT de mamíferos salvajes clasificaron en la misma categoría a las tres especies mencionadas anteriormente. Espinoza-Amén et al. (2021) en su estudio para evaluar el impacto mediante un árbol de decisión, también clasificaron a las especies dentro de la categoría de “Alto riesgo”.

En el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador se indica que especies como *Nesoryzomus darwini* y *Oryzomys galapagoensis*, se extinguieron por principalmente por la competencia ejercida por la presencia de *Rattus rattus* y *Mus musculus*; y a la vez, *Felis catus* contribuyó a su desaparición por depredación (Tirira, 2001a; Tirira, 2001b). Por otro lado, se expone que la introducción de estas especies de rata y ratón está implicada en la extinción de un total de cuatro especies endémicas de ratones de Galápagos y otras cuatro especies se encuentran en estado crítico (Dowler et al., 2000).

La primera vez que se registró a la especie *Felis catus* fue en Floreana en las Islas Galápagos en el año 1832, donde afectó a las aves, reptiles e invertebrados, entre otras especies (Jiménez et al., 2007). Lo crítico de su introducción radica en que cazan no solo para alimentarse, lo que provoca efectos irreversibles en las especies nativas; por ello, son culpables de la extinción de más de 33 especies de aves (Hervías et al., 2014). Igualmente, cabe mencionar que son transmisores de enfermedades y patógenos que no solamente afectan a aves o reptiles, sino también mamíferos incluyendo al ser humano (FCD, 2011).

En relación a los mecanismos de impacto, se destaca la competencia que ejercen todas las especies sobre las especies nativas en el Ecuador. La prevalencia de este mecanismo está asociada con interacciones diarias frecuentes entre especies exóticas y especies nativas, en comparación con otros mecanismos de impacto (Čuda et al., 2015). Igualmente, el mecanismo de depredación es más grave que los causados a través de otros mecanismos de impacto (Evans et al., 2016), y es el segundo mecanismo predominante. Esto al considerar que la preferencia dietética que puede influir en la gravedad de los impactos asociados a las especies invasoras, dado que si son carnívoras tienen impactos más graves (Evans et al., 2018).

El papel de los impactos raramente registrados, como impacto estructural, debe analizarse adecuadamente porque su impacto podría ser subestimado debido a la falta de datos. *Bos taurus*, clasificado en impacto moderado, causa impacto estructural en los bosques ya que ponen al descubierto el suelo del bosque y eliminan casi todos los árboles jóvenes hasta que

solo quedan unas pocas especies resistentes; de igual forma, en ambientes subalpinos el ganado salvaje abre claros al descomponer y navegar por la vegetación de baja altura (CABI, 2019a).

Limitaciones del Estudio

En general, los resultados mostraron que existe una mayor confianza en las evaluaciones asociadas con impactos más severos (Tabla 4). Esta relación puede surgir porque los impactos severos son más evidentes y, por lo tanto, los datos sobre impactos utilizados para realizar la evaluación EICAT se consideran más sólidos. También puede atribuirse a la disponibilidad de datos, ya que las especies exóticas con impactos severos tienden a estudiarse con más frecuencia que aquellas con impactos menores (Pyšek et al., 2008).

De igual modo, las puntuaciones de impacto pueden estar potencialmente sesgadas hacia las especies con mayores esfuerzos de investigación, ya que es más probable que se estudien varios mecanismos para las mismas. Como se mencionó anteriormente, lo mismo ocurre en las áreas protegidas considerando que las de mayor extensión son usualmente las más estudiadas y se posee mayor información, aunque esto no ocurre en todos los casos considerando la poca información encontrada para Cofán Bermejo. Es relevante resaltar que la falta de registros afecta a los resultados obtenidos considerando que es un tamaño grande de muestra, y la información en el país es escasa. Adicionalmente, se dificulta la clasificación de impacto al tener que usar la poca información existente y extrapolar la que se encuentra globalmente. A pesar de esto, los análisis realizados en este estudio relevan la naturaleza y posibles efectos de los impactos de los vertebrados.

El protocolo EICAT evidencia la severidad de los impactos ambientales generados por especies exóticas, lo que varía sustancialmente puesto que algunas especies tienen impactos más severos. Ecuador al ser un país con información insuficiente acerca del estado e introducción de especies invasoras, necesita de metodologías como la aplicada en este estudio para conocer sobre el estado de cada especie introducida. Por lo que, los datos de EICAT se pueden utilizar para proporcionar información útil sobre los factores que impulsan la gravedad y el tipo de impactos generados por las especies exóticas de la Amazonía ecuatoriana. Esto permitiría priorizar y ser la base de toma de decisiones para el manejo de las mismas evitando sus posibles impactos al ecosistema. De esta manera, la clasificación por categoría de impacto es relevante para el establecimiento de prioridades, lo que es clave para ayudar a los administradores de áreas naturales a invertir esfuerzos en invasiones biológicas que ofrezcan las mejores posibilidades de producir resultados positivos a gran escala al menor costo posible (Gallardo y Aldridge, 2018).

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación exponen que 14 especies exóticas fueron identificadas en las APs y nueve en las ZAs con especies repetidas en ambos sitios. El AP con mayor riqueza fue Cuyabeno; no obstante, cabe mencionar que Yasuní poseía gran riqueza tanto para el AP como para la ZA. Las especies con mayor número de registros fueron *Bubulcus ibis* y *Columba livia* en ambas zonas. Igualmente, tres especies fueron clasificadas con el mayor impacto MV: *Felis catus*, *Mus musculus* y *Rattus rattus*. Los mecanismos de impacto más predominantes fueron competencia y depredación, lo que está relacionado fuertemente con la disminución e incluso extinción de especies nativas.

Las APs están desempeñando una parte cada vez más importante de la respuesta global para frenar la tasa de cambio ambiental. Pese a ello, los esfuerzos integrados que involucran a la comunidad científica y el gobierno no cuentan con los recursos suficientes para generar conocimientos sobre el estado y la dinámica de las especies invasoras en las AP. Esto es necesario para poder monitorear las tendencias, revisar la legislación y las políticas; con el fin de mejorar las intervenciones de manejo reduciendo el alcance y la magnitud de los impactos.

Finalmente, el protocolo EICAT se puede aplicar eficazmente para proporcionar información valiosa acerca de los factores que impulsan la gravedad y el tipo de impactos generados por las especies exóticas en las APs, por lo que, es conveniente que se aplique en todas las APs del país. El presente estudio demuestra que existe un largo camino por recorrer, ya que no existe abundante información disponible referente a los impactos ambientales de las poblaciones exóticas en el país. Por esta razón, es necesario considerar este tipo de protocolo junto a otras investigaciones relacionadas para obtener la información más fiable posible.

REFERENCIAS

- Abdullah, M., Khan, R. A., Rafay, M., Hussain, T., Ruby, T., Rehman, F., ... & Akhtar, S. (2017). Habitat ecology and breeding performance of Cattle Egret (*Bubulcus ibis*) in Faisalabad, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(5), 1864-1868. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.5.1863.1870>
- Aguilar, V. (2005). Especies invasoras: una amenaza para la biodiversidad y el hombre. *Biodiversitas*, 60, 7-10. https://www.researchgate.net/publication/287674634_Especies_invasoras_Una_amenaza_para_la_biodiversidad_y_el_hombre
- Aguirre, Z. (2014). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/snap-del-ecuador-2014-za.pdf>
- Alexandre, B., Crouzeilles, R., & Grelle, C. E. V. (2010). How can we estimate buffer zones of protected areas? A proposal using biological data. *Natureza & Conservação*, 8(2), 165-170. <https://doi.org/10.4322/natcon.00802010>
- Amador, L., Ayala-Varela, F., Nárvaez, A. E., Cruz, K., & Torres-Carvajal, O. (2017). First record of the invasive Brown Anole, *Anolis sagrei* Duméril & Bibron, 1837 (Squamata: Iguanidae: Dactyloinae), in South America. *Check List*, 13(2), 2083. <https://doi.org/10.15560/13.2.2083>
- Anderson, L. G., Roccliffe, S., Haddaway, N. R., & Dunn, A. M. (2015). The role of tourism and recreation in the spread of non-native species: a systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 10(10), 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140833>
- Baptiste, M., & Múnera, C. (2010). Análisis de riesgo para especies introducidas de vertebrados terrestres en Colombia (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). En M. Baptiste, N. Castaño, D. Cárdenas, F. Gutiérrez, D. Gil & C. Lasso. (eds.). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia* (pp. 151-193). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31384/191.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Blackburn, T. M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Kühn, I., Kumschick, S., Marková, Z., Mrugala, A., Nentwig, W., Pergl, J., Pyšek, P., Rabitsch, W., Ricciardi, A., Richardson, D., Sendek, A., Vilà, M., Wilson, J., Winter, M., ... & Bacher, S. (2014). A Unified Classification of Alien Species Based on the Magnitude of Their

- Environmental Impacts. *PLoS Biology*, 12(5), 1-9.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001850>
- Boada, C., Buitrón, G., Salgado, S., & Tobar, C. (2008). Composición y Diversidad de la Flora y Fauna en Cuatro Localidades de la Provincia del Carchi dentro del Área de Intervención del Proyecto Gisrena: Una Visión General. En C. Boada y J. Campaña (eds.). *Composición y Diversidad de la Flora y la Fauna en Cuatro Localidades en la Provincia del Carchi. Un reporte de las evaluaciones ecológicas rápidas* (pp. 5-10). EcoCiencia; GPC. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56506.pdf>
- Bravo, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. Abya-Yala.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf>
- Carey, C., Dudley, N., & Stolton, S. (2000). *Threats to protected areas. Squandering paradise? The importance and vulnerability of the world's protected areas*. World Wide Fund for Nature International. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/Bios-Cons-Nat-Pro-061.pdf>
- Carvajal, E., Gutiérrez, D., & Ledesma, R. (2020). Plantas exóticas naturalizadas con potencial de invasoras en zonas periurbanas del Alta Amazonia Ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología*, 13(1), 69-79. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.354>
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional. (2019a). *Bos taurus* (cattle). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/91651>
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional. (2019b). *Bubulcus ibis* (cattle egret). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/90783#tosummaryOfInvasiveness>
- Cheney, C., Esler, K. J., Foxcroft, L. C., van Wilgen, N. J., & McGeoch, M. A. (2018). The impact of data precision on the effectiveness of alien plant control programmes: a case study from a protected area. *Biological Invasions*, 20(11), 3227-3243. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1770-8>
- Clout, M. N., & De Poorter, M. (2005). International initiatives against invasive alien species. *Weed technology*, 19(3), 523-527. <https://doi.org/10.1614/WT-04-126.1>
- Coates, D. (2016). Strategic Plan for Biodiversity (2011–2020) and the Aichi Biodiversity Targets. En C. Finlayson et al. (eds.). *The Wetland Book* (pp. 1-7). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6172-8_119-2
- Coloma-Santos, A. (2007a). Parque El Cóndor. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (pp. 253-259). Universidad San Francisco de Quito.

- <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/reserva-biologica-el-condor/reserva-biologica-el-condor.pdf>
- Coloma-Santos, A. (2007b). Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (pp. 219-234). Universidad San Francisco de Quito. <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/parque-nacional-sumaco-napo-galeras/parque-nacional-sumaco-galeras.pdf>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2017). *Análisis de riesgo rápido de *Bubulcus ibis*. Sistema de información sobre especies invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://enciclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Bubulcus%20ibis.pdf
- Conroy, M. J., Runge, M. C., Nichols, J. D., Stodola, K. W., & Cooper, R. J. (2011). Conservation in the face of climate change: the roles of alternative models, monitoring, and adaptation in confronting and reducing uncertainty. *Biological Conservation*, 144(4), 1204-1213. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.10.019>
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2014). *Pathways of introduction of invasive species, their prioritization and management*. United National Environment Programme. <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-09-add1-en.pdf>
- Čuda, J., Skálová, H., Janovský, Z., & Pyšek, P. (2015). Competition among native and invasive *Impatiens* species: the roles of environmental factors, population density and life stage. *AoB Plants*, 7, 2-9. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv033>
- Dowler, R., Carroll, D., & Edwards, C. (2000). Rediscovery of rodents (Genus *Nesoryzomys*) considered extinct in the Galapagos Islands. *Oryx*, 34(2), 109-117. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3008.2000.00104.x>
- Ehrlich, P., Dobkin, D. S., & Wheye, D. (1988). *Birder's handbook*. Simon and Schuster. https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=pgU1ARdcFAUC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Ehrlich,+P.R.,+Dobkin,+D.S.+y+Wheye,+D.+1988.+The+birder%27s+handbook.+Simon+%26+Schuster+Inc.+Nueva+York,+EUA&ots=g-jG58sl5c&sig=FBIXMGxIkUILvEBtADqjDwI2ZQc&redir_esc=y#v=onepage&q=bubulcus%20ibis&f=false
- Espinoza-Amén, B., Herrera, I., Cruz-Cordovez, C., Espinoza, F., Freire, E., & Bustamante, R. O. (2021). Checklist and prioritization for management of non-native species of phanerogam plants and terrestrial vertebrates in eight protected areas on the Ecuadorian

- coast. *Management of Biological Invasions*, 12(2), 389–407.
<https://doi.org/10.3391/mbi.2021.12.2.12>
- Evans, T., Kumschick, S., & Blackburn, T. M. (2016). Application of the Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT) to a global assessment of alien bird impacts. *Diversity and Distributions*, 22(9), 919-931.
<https://doi.org/10.1111/ddi.12464>
- Evans, T., Kumschick, S., Şekercioğlu, Ç. H., & Blackburn, T. M. (2018). Identifying the factors that determine the severity and type of alien bird impacts. *Diversity and Distributions*, 24(6), 800-810. <https://doi.org/10.1111/ddi.12721>
- Foxcroft, L. C., Pyšek, P., Richardson, D. M., Pergl, J., & Hulme, P. E. (2013). The bottom line: impacts of alien plant invasions in protected areas. En L. Foxcroft, P. Pyšek, D. Richardson, & P. Genovesi. (eds.). *Plant Invasions in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges* (pp. 19-41). Springer.
https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=7tI-AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Plant+invasions+in+protected+areas:+patterns,+problems+and+challenges.+Springer,+Dordrech&ots=yHsZg_oOZr&sig=7AsmIzxG6ofUoS33tPVe_bAhGIs&redir_esc=y#v=onepage&q=Plant%20invasions%20in%20protected%20areas%3A%20patterns%2C%20problems%20and%20challenges.%20Springer%2C%20Dordrech&f=false
- Franco, W., & Álvarez, S. (2019). La Biodiversidad de la Amazonía Ecuatoriana y su relevancia global: ¿Podrán ser detenidos los procesos que conducen a su degradación y extinción?. En D. Salgado y M. Olmedo. (eds.). *Investigación y Desarrollo: Cooperación Española con el Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación en Ecuador* (pp. 119-132). Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
https://www.academia.edu/42714369/La_Biodiversidad_de_la_Amazon%C3%ADa_Ecuatoriana_y_su_relevancia_global_Podr%C3%A1n_ser_detenidos_los_procesos_que_conducen_a_su_degradaci%C3%B3n_y_extinci%C3%B3n_Capitulo_VI_Libro_Investigaci%C3%B3n_y_Developmento_AECID
- Fundación Charles Darwin. (2011). *Lista de Especies de Galápagos: Felis catus (Schreber, 1775)*. <https://www.darwinfoundation.org/en/datazone/checklist?species=5211>
- Fundación Charles Darwin. (2012). *Lista de Especies de Galápagos: Columba livia Gmelin, 1789*. <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=5070>

- Fundación Ecológica Arcoíris. (2009). *Plan de Manejo del Área Ecológica de Conservación Municipal Siete Iglesias*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Juan Bosco; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación; Cooperación Técnica Alemana. <http://sieteiglesias.gob.ec/wp-content/uploads/2019/07/1.-Plan-de-manejo-AECMSI-web.pdf>
- Fundación Natura. (2004). *Plan de Manejo Refugio de Vida Silvestre El Zarza*. Ministerio del Ambiente; Conservation International; The International Tropical Timber Organization; Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza. <http://alfresco.ambiente.gob.ec/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6d32e639-b583-4c28-82ed-a76963bef445/elzarza.pdf>
- Gallardo, B., & Aldridge, D. C. (2018). Inter-basin water transfers and the expansion of aquatic invasive species. *Water Research*, *143*, 282-291. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.056>
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I. D., Hockings, M., & Burgess, N. D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation*, *161*, 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018>
- Gómez de Silva, H., Oliveras de Ita, A., & Medellín, R. (2005). *Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales* (Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto U020). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1820.6163>
- Gray, C. L., Hill, S. L., Newbold, T., Hudson, L. N., Börger, L., Contu, S., Hoskins, A., Ferrier, S., Purvis, A., & Scharlemann, J. P. (2016). Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications*, *7*(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/ncomms12306>
- Haag-Wackernagel, D., & Spiewak, R. (2004). Human infestation by pigeon fleas (*Ceratophyllus columbae*) from feral pigeons. *Ann Agric Environ Med*, *11*(2), 343-6. https://www.researchgate.net/publication/8104297_Human_Infestation_by_Pigeon_Fleas_Ceratophyllus_columbae_from_Feral_Pigeons
- Hagen, B., & Kumschick, S. (2018). The relevance of using various scoring schemes revealed by an impact assessment of feral mammals. *NeoBiota*, *38*, 37-75. <https://doi.org/10.3897/neobiota.38.23509>
- Hawkins, C.L., Bacher, S., Essl, F., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Kühn, I., Kumschick, S., Nentwig, W., Pergl, J., Pyšek, P., Rabitsch, W., Richardson, D.M., Vilà, M., Wilson, J.R.U., Genovesi, P., & Blackburn, T.M. (2015). Framework and guidelines for

- implementing the proposed IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT). *Diversity and Distributions*, 21(11), 1360-1363. <https://doi.org/10.1111/ddi.12379>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Herrera, I., Espinoza, F., Alvarez, S., Gómez, M., Molineros, E., Rodriguez, R., Tejena, N., Narváez, S., Ferri, M., & Pagad, S. (2020). *GRIIS Checklist of Introduced and Invasive Species - Ecuador*. Invasive Species Specialist Group ISSG. <https://doi.org/10.15468/ngh7rj>
- Hervías, S., Opper, S., Medina, F. M., Pipa, T., Díez, A., Ramos, J. A., ... & Nogales, M. (2014). Assessing the impact of introduced cats on island biodiversity by combining dietary and movement analysis. *Journal of Zoology*, 292(1), 39-47. <http://dx.doi.org/10.1111/jzo.12082>
- Hulme, P., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kühn, I., Minchin, D., Nentwig, W., Olenin, S., Panov, V., Pergl, J., Pyšek, P., Roques, A., Sol, D., Solarz, W., & Vilà, M. (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 403-414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x>
- Jiménez, A. (2020). *Análisis del efecto de la legislación especial para la extracción de recursos naturales no renovables en áreas protegidas: Bloques 31 y 43 del Parque Nacional Yasuní* [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21002/1/CD%2010530.pdf>
- Jiménez, G., Carrión, V., Zabala, J., Buitrón, P., & Milstead, B. (2007). Estado de los Vertebrados Introducidos en Galápagos. En Fundación Charles Darwin, Parque Nacional Galápagos & INGALA. (eds.). *Informe Galápagos 2006-2007* (pp. 143-144). http://www.carlospi.com/galapagospark/documentos/DPNG-FCD-INGALA_informe_galapagos_2006-2007.pdf
- Johnston, R. F., & Janiga, M. (1995). *Feral pigeons*. Oxford University Press on Demand. https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=whScRZEmRl4C&oi=fnd&pg=PA3&ots=eWvJxxO09F&sig=rIBOctm7r8rKabb65ODgBVt1skE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Laurance, W. F., Cochrane, M. A., Bergen, S., Fearnside, P. M., Delamônica, P., Barber, C., D'Angelo, T., & Fernandes, T. (2001). The future of the Brazilian Amazon. *Science*, 291(5503), 438-439. <https://doi.org/10.1126/science.291.5503.438>
- Leadley, P.W., Krug, C.B., Alkemade, R., Pereira, H.M., Sumaila U.R., Walpole, M., Marques, A., Newbold, T., Teh, L.S.L, van Kolck, J., Bellard, C., Januchowski-Hartley, S.R. and Mumby, P.J. (2014). *Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. https://www.researchgate.net/publication/269845681_Progress_towards_the_Aichi_Biodiversity_Targets_An_Assessment_of_Biodiversity_Trends_Policy_Scenarios_and_Key_Actions
- Liu, X., Blackburn, T. M., Song, T., Wang, X., Huang, C., & Li, Y. (2020). Animal invaders threaten protected areas worldwide. *Nature communications*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16719-2>
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M. (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2000-126-Es.pdf>
- Malhi, Y., Roberts, J., Betts, R., Killeen, T., Li, W., & Nobre, C. (2008). Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319(5860), 169-172. <https://doi.org/10.1126/science.1146961>
- Mas, J. F. (2005). Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environmental monitoring and assessment*, 105(1), 69-80. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-3156-5>
- McGeoch, M. A., & Latombe, G. (2016). Characterizing common and range expanding species. *Journal of Biogeography*, 43(2), 217-228. <https://doi.org/10.1111/jbi.12642>
- Meiners, S., & Pickett, S. (2013). Plant Invasions in Protected Landscapes: Exception or Expectation?. En L. Foxcroft, P. Pyšek, D. Richardson, & P. Genovesi. (eds.). *Plant Invasions in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges* (pp. 43-56). Springer. https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=7tI-AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Plant+invasions+in+protected+areas:+patterns,+problems+and+challenges.+Springer,+Dordrech&ots=yHsZg_oOZr&sig=7AsmIzxG6ofUoS33tPVe_bAhGIs&redir_esc=y#v=onepage&q=Plant%20invasions%20in%20

protected%20areas%3A%20patterns%2C%20problems%20and%20challenges.%20S
pringer%2C%20Dordrech&f=false

- Mena, P., & Manosalvas, R. (2011). *Introducción al Estudio del Ambiente*. Universidad Técnica Particular de Loja. <https://pdfslide.tips/reader/f/introduccion-al-estudio-del-medio-ambiente>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Cuarto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. <https://www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr-04-es.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Plan de Manejo del Parque Nacional Cajas*. Registro Oficial Edición Especial 488. https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PLAN_DE_MANEJO_DEL_PARQUE_NACIONAL_CAJAS.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Boletín del Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/2020_03_30-BOLETIN-FINAL.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Nueva área protegida en Ecuador: Taita Imbabura*. <https://www.ambiente.gob.ec/nueva-area-protegida-en-ecuador-taita-imbabura/>
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.2307/213332>
- Naciones Unidas. (2020). *Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres | El PNUD en Ecuador*. <https://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/sustainable-development-goals/goal-15-life-on-land.html#targets>
- Núñez, C., & Escobedo, D. (2011). Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía mesoamericana*, 22(2), 415-427. <https://doi.org/10.15517/am.v22i2.8746>
- Olmedo, J. (2011). *Lista preliminar de las especies exóticas invasoras del Ecuador continental*. Manthra Editores.
- Pitman, N., Widmer, J., Bruna, E., Jenkins, C., Stocks, G., Seales, L., Paniagua, F. & Maehr, E. (2017). El sorprendente liderazgo de Ecuador en la producción científica de la región andino-amazónica. En D. Romo & D. Mosquera. (eds.). *Los secretos del Yasuní. Avances en Investigación en la Estación de Biodiversidad Tiputini* (pp. 28-29). Universidad San Francisco de Quito. https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Vinueza/publication/342515148_Programa_de_conservacion_de_tortugas_charapas_Podocnemis_en_la_Estacion_de_Biodiversidad_Tiputini/links/5ef8d8c2299bf18816e

e09c5/Programa-de-conservacion-de-tortugas-charapas-Podocnemis-en-la-Estacion-de-Biodiversidad-Tiputini.pdf

- Pyšek, P., Richardson, D. M., Pergl, J., Jarošík, V., Sixtová, Z., & Weber, E. (2008). Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends in ecology & evolution*, 23(5), 237-244. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.02.002>
- Reck, G., & Martínez, P. (2010). Áreas protegidas: ¿Turismo para la conservación o conservación para el turismo?. *Polémika*, 2(5), 86-95. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/375>
- Rivadeniera-Roura, C. (2007a). Parque Nacional Yasuní. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (pp. 233-242). Universidad San Francisco de Quito. <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/parque-nacional-yasuni/parque-nacional-yasuni.pdf>
- Rivadeniera-Roura, C. (2007b). Refugio de Vida Silvestre El Zarza. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (pp. 269-275). Universidad San Francisco de Quito. <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/refugio-de-vida-silvestre-el-zarra/refugio-de-vida-silvestre-el-zarra.pdf>
- Rivadeniera-Roura, C. (2007c). Reserva Biológica El Quimi. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (pp. 261-267). Universidad San Francisco de Quito. <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/reserva-biologica-el-quimi/reserva-biologica-el-quimi.pdf>
- Rivadeniera-Roura, C. (2007d). Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (pp. 243-251). Universidad San Francisco de Quito. <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/reserva-de-produccion-de-fauna-cuyabeno/reserva-de-produccion-faunistica-cuyabeno.pdf>
- Rivera, J. & Rivadeniera-Roura, C. (2007). Reserva Ecológica Cofán-Bermejo. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador* (pp. 195-200). Universidad San Francisco de Quito. <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/reserva-ecologica-cofan-bermejo/reserva-ecologica-cofan-bermejo.pdf>

- Rivera, J. (2007). Reserva Biológica Limoncocha. En Instituto de Ecología Aplicada y Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (eds.). Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador (pp. 225-232). Universidad San Francisco de Quito. <https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/reserva-biologica-limoncocha/reserva-biologica-limoncocha.pdf>
- Ron, S. R., Duellman, W. E., Coloma, L. A., & Bustamante, M. R. (2003). Population decline of the Jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology*, 37(1),116-126. [https://doi.org/10.1670/0022-1511\(2003\)037\[0116:PDOTJT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2003)037[0116:PDOTJT]2.0.CO;2)
- Sánchez, N. (2018). *Identificación de zonas de riesgo potencial de invasión por especies exóticas en el ecuador continental a través del uso de modelos de nicho ecológico, año 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo] Repositorio Digital UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/3074/3/T-UTEQ-0060.pdf>
- Secretaría Técnica de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica. (2019). *Fortalecimiento de la Cobertura Logística para Atención a Pacientes con Enfermedades Catastróficas en la Región Amazónica* (CUP: 32540000.0000.383811). [https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/05/Proy_Atenci%C3%B3n_Enfermedades_Catastróficas.pdf](https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/05/Proy_Atenci%C3%B3n_Enfermedades_Catastr%C3%B3ficas.pdf)
- Smith, T.M., & Smith, R.L. (2007). *Ecología* (6.^a ed.). Pearson Educación. https://www.academia.edu/30913575/Ecolog%C3%ADa_6ed_Smith_PDF
- Tirira, D. (2001a). *Nesoryzomys darwini*. En D. Tirira. (ed.). *Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador* (pp. 37). Simbioe. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56615.pdf>
- Tirira, D. (2001b). *Oryzomys galapagoensis*. En D. Tirira. (ed.). *Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador* (pp. 39). Simbioe. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56615.pdf>
- Van der Hoek, Y. (2017). The potential of protected areas to halt deforestation in Ecuador. *Environmental Conservation*, 44(2), 124–130. <https://doi.org/10.1017/s037689291700011x>
- Varea, A. (2004). Iniciativas para conservar la biodiversidad. *Universitas*, (4), 7-44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476150823001>

- Vasconcelos, R., Teixeira, R., Silva, I., Lopes, E., & Maciel, W. (2018). Feral pigeons (*Columba livia*) as potential reservoirs of *Salmonella* sp. and *Escherichia coli*. *Arquivos do Instituto Biológico*, 85, 1-6. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000412017>
- Walsh, S. J., McCleary, A. L., Mena, C. F., Shao, Y., Tuttle, J. P., González, A., & Atkinson, R. (2008). QuickBird and Hyperion data analysis of an invasive plant species in the Galapagos Islands of Ecuador: Implications for control and land use management. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 1927-1941. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.06.028>
- Yépez, D. (2012). *Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña]. https://www.academia.edu/29898709/An%C3%A1lisis_de_la_arquitectura_vern%C3%A1cula_del_Ecuador_Propuestas_de_una_arquitectura_contempor%C3%A1nea_sustentable
- Ziller, S., de Sá Dechoum, M., Silveira, R., da Rosa, H., Motta, M. S., da Silva, L. F., Mello, B., & Zenni, R. (2020). A priority-setting scheme for the management of invasive non-native species in protected areas. *NeoBiota*, 62, 591-606. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.52633>