



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN DESARROLLO SOSTENIBLE

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS NO NATIVAS EN LOS
PÁRAMOS DEL ECUADOR COMO BASE PARA APOYAR LOS
ESFUERZOS EN SU CONSERVACIÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Gestión
Ambiente con Mención en Desarrollo Sostenible

Autor:

María Alejandra Moscoso Estrella

Tutor:

Verónica Sandoya Sánchez, PhD.

LATACUNGA-ECUADOR

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Patrones de distribución de plantas no nativas en los páramos del Ecuador como base para apoyar los esfuerzos en su conservación” presentado por Moscoso Estrella María Alejandra, para optar por el título magíster en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, abril de 2023



Verónica Sandoya Sánchez, PhD.
CC.: 1712756970

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Patrones de distribución de plantas no nativas en los páramos del Ecuador como base para apoyar los esfuerzos en su conservación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, mayo de 2023



PhD. Jose Antonio Andrade Valencia
C.C. 0502524481
Presidente del tribunal



Mg. Jaime René Lema Pillalaza
C.C. 1713759932
Lector 2



Mg. Oscar René Daza Guerra
C.C. 0400689790
Lector 3

DEDICATORIA

Este estudio es el fruto del valioso apoyo,
ánimo y amor que mi familia me ha
brindado, por esto deseo dedicarles este
trabajo. Ustedes han sido mi pilar y fuente
de inspiración para seguir adelante con mis
estudios.

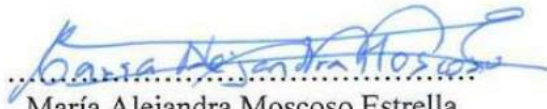
AGRADECIMIENTO

Me gustaría expresar mi agradecimiento a Verónica Sandoya Sánchez, PhD., mi tutora, por brindarme la oportunidad de trabajar con ella, por su tiempo, sus valiosos consejos y comentarios que permitieron mejorar el presente estudio. También quiero agradecer a mis profesores de la Maestría por sus valiosas enseñanzas y a mi tribunal por aportar con correcciones acertadas al presente estudio. Un agradecimiento especial a mi familia por ser mi motivación; gracias a ustedes, he logrado alcanzar cada sueño, incluso aquellos que parecían muy altos e inalcanzables. A mis Padres, Jaime y Mariana, por todo su amor, apoyo y paciencia; y también por sus enseñanzas, principios y valores. A mi hermano Santiago por todo su amor. A mi hermano Gabriel y Marcelo, por su constante apoyo, amor y gran paciencia; sobre todo quiero agradecerles por animarme incondicionalmente, lo que me ha ayudado a vencer todos mis obstáculos y miedos. A mis cuñadas por ser tan buenas y darme a mis grandes tesoros, mis sobris. A mis queridas sobrinas, Ariana, Daniela, Valentina y Mara, a quienes quiero con toda mi alma, ellas siempre me enseñan cosas nuevas, y me dan mucho amor. Además, quiero agradecer a Nachita y Angelito, amigos que conocí en esta maestría, por siempre estar ahí, incluso hasta la noche, para lograr hacer un buen trabajo. A mi amiga, Vero, que siempre estuvo ahí, a pesar de mi temperamento y mal genio, nunca me dejó sola y siempre se preocupó para que todo salga bien. Finalmente, pero no menos importante, a Dios y a la Virgencita por haber puesto en mi camino a la Biología que es mi razón de ser y vivir.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, mayo de 2023

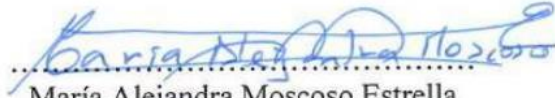


María Alejandra Moscoso Estrella
C.C. 0502408883

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, mayo de 2023



María Alejandra Moscoso Estrella
C.C. 0502408883

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Patrones de distribución de plantas no nativas en los páramos del Ecuador como base para apoyar los esfuerzos en su conservación” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, mayo de 2023



PhD. José Antonio Andrade Valencia

C.C. 0502524481

Presidente del tribunal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL CON MENCIÓN EN
DESARROLLO SOSTENIBLE

Título: Patrones de distribución de plantas no nativas en los páramos del Ecuador como base para apoyar los esfuerzos en su conservación

Autor: María Alejandra Moscoso Estrella

Tutor: Verónica Sandoya Sánchez, PhD.

RESUMEN

El páramo es un ecosistema único, pero su biodiversidad está amenazada debido a las actividades humanas, como la introducción de especies exóticas. Las especies introducidas se consideran uno de los mayores impulsores de cambio en la biodiversidad de la región. A pesar de esto, aún se desconoce su distribución. Este estudio tuvo como objetivo definir los patrones de distribución de las plantas no nativas en los páramos del Ecuador en relación con variables fisiológicas, ambientales y antrópicas. Se creó una base de datos con registros del GBIF y material complementario de Sandoya et al. (2017). Se determinó la naturaleza exótica de las especies con la ayuda de GRIIS y el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador. Se recopiló información fisiológica de fuentes bibliográficas, datos ambientales del WorldClim y datos antrópicos de mapas generados en QGIS. El análisis se realizó utilizando RStudio. Los resultados del estudio revelaron que las especies herbáceas provenientes de zonas holárticas predominan en estas regiones. Además, se observó una relación inversa entre la riqueza de especies exóticas y factores como la elevación, la temperatura y la precipitación. Es decir, a medida que las condiciones climáticas se vuelven más extremas, la riqueza de especies exóticas disminuye. Se encontró que la presencia de vías influye positivamente en el número de especies exóticas, mientras que la distancia tiene un efecto inverso. Además, se encontró un menor número de especies alóctonas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. En resumen, este estudio mostró que las especies de plantas exóticas se establecen con éxito en las altas elevaciones de los páramos del Ecuador debido a sus características fisiológicas intrínsecas.

Palabras clave: Especies alóctonas, fisiología, ambiente, antrópico.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
POSTGRADUATE DIRECTION**

**MASTER'S DEGREE IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT WITH
MENTION IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Title: Distribution patterns of non-native plants in páramos of Ecuador as a basis to support conservation efforts

Author: María Alejandra Moscoso Estrella
Tutor: Verónica Sandoya Sánchez, PhD.

ABSTRACT

The páramo is a unique ecosystem, but its biodiversity is threatened due to human activities, such as the introduction of exotic species. Introduced species are considered one of the major drivers of biodiversity change in the region. Despite this, their distribution is still unknown. This study aimed to define the distribution patterns of non-native plants in the páramos of Ecuador in relation to physiological, environmental, and anthropic variables. A database was created using records from GBIF and supplementary material from Sandoya et al. (2017). The exotic nature of the species was determined with the help of GRIIS and the Catalog of Vascular Plants of Ecuador. Physiological information was gathered from bibliographic sources, environmental data from WorldClim, and anthropic data from maps generated in QGIS. The analysis was conducted using RStudio. The results of the study revealed that herbaceous species from holarctic regions dominate these areas. Furthermore, an inverse relationship was observed between the richness of exotic species and factors such as elevation, temperature, and precipitation. In other words, as climatic conditions become more extreme, the richness of exotic species decreases. The presence of roads was found to have a positive influence on the number of exotic species, while distance had an inverse effect. Additionally, a lower number of allochthonous species was found in the National System of Protected Areas. In summary, this study showed that exotic plant species successfully establish themselves at high elevations in the páramos of Ecuador due to their intrinsic physiological characteristics.

Keywords: Alien species, physiology, environment, anthropic.

Yo, Pablo Santiago Cevallos Viscaíno con cédula de identidad número: 0502592371 Licenciado en: Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-07-733846; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Patrones de distribución de plantas no nativas en los páramos del Ecuador como base para apoyar los esfuerzos en su conservación, de María Alejandra Moscoso Estrella, aspirante a magister en Gestión Ambiental con Mención en Desarrollo Sostenible.


Pablo Santiago Cevallos Viscaíno
C.E.: 0502592371

Latacunga, 17 de mayo de 2023

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
PROBLEMA	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS PLANTEADOS OPERATIVIDAD.....	6
VARIABLES	12
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	12
HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	12
CAPÍTULO I.....	14
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	14
1.1.1. Páramo.....	14
1.1.1.1. Origen.....	17
1.1.1.2. Clima.....	18
1.1.1.3. Zonificación	20
1.1.1.4. Conservación.....	22
1.1.1.5. Importancia	23
1.1.2. Especies no nativas	23
1.1.3. Corología de las especies	27
1.1.4. Caminos como corredores biológicos	27
1.2. MARCO LEGAL.....	28
1.2.1. Páramos	28

1.2.2. Especies introducidas	31
CAPÍTULO II	35
MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.1. Área de estudio.....	35
2.2. Modalidad o enfoque de la investigación.....	35
2.2.1. Metodología cualitativa.....	35
2.2.2. Metodología cuantitativa.....	36
2.3. Tipo de investigación	36
2.4. Técnicas.....	37
2.4.1. Recopilación de datos	37
2.5. Variables	38
2.6. Análisis estadístico.....	40
2.7. Instrumentos	41
2.7.1. Matriz de datos	41
2.7.2. Software o entornos utilizados	41
CAPÍTULO III.....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1. Resultados	42
3.1.1. Datos generales	42
3.1.2. Evaluación de la presencia de plantas no nativas de los páramos del Ecuador en relación con variables fisiológicas	43
3.1.3. Determinación del número de especies no nativas distribuidas en los páramos del Ecuador valoración de la presencia de plantas no nativas de los páramos del Ecuador en relación con variables ambientales	45
3.1.4. Relación entre la distribución de las especies no nativas con la distancia y el tipo de camino existente en los páramos del Ecuador.....	46
3.1.5. Análisis de la presencia o ausencia de especies no nativas de los páramos del Ecuador dentro de las Áreas Protegidas.....	48

3.1.2. Modelo lineal general.....	49
3.2. Discusión.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
Conclusiones	59
Recomendaciones.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planificación detallada de las actividades que se realizaron para el desarrollo del proyecto.....	6
Tabla 2. Variables consideradas para realizar el análisis de los datos.....	38
Tabla 3. Resumen estadístico del modelo lineal general entre el número de especies y las variables independientes. Resultados significativos en negrillas ($P < 0,05^*$; $P < 0,01^{**}$; $P < 0,001^{***}$).....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los páramos en el mundo	16
Figura 2. Mapa de los segmentos de la Cordillera de los Andes.	18
Figura 3. Proceso de introducción de especies no nativas mediada por actividades antrópicas.	26
Figura 4. Correlación entre las variables independientes calculada a través del paquete ‘corrgram’ en RStudio.	40
Figura 5. Número de especies de acuerdo con su corología.	43
Figura 6. Número de especies encontradas por subprovincia biogeográfica de los páramos.	44
Figura 7. Número de especies por forma de vida.	44
Figura 8 Relación entre el número de especies y la elevación.....	45
Figura 9 Relación entre el número de especies y la temperatura anual.	46
Figura 10. Número de especies encontradas de acuerdo con el tipo de camino. .	47
Figura 11 Relación entre el número de especies y la interacción estadística del tipo de camino con la distancia desde el camino hacia la especie.	48
Figura 12. Número de especies encontradas dentro y fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especies no nativas registradas dentro de la plataforma GBIF y utilizadas para el análisis de datos.....	76
Anexo 2. Mapa que muestra la distribución de los especímenes de plantas no nativas, de acuerdo con su cercanía a las vías existentes en los páramos del Ecuador.	79
Anexo 3. Mapa de la distribución de los especímenes de plantas no nativas dentro y fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en los páramos del Ecuador.	80
Anexo 4. Lista de áreas protegidas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de los páramos del Ecuador, ordenadas de norte a sur, donde fueron registrados especímenes de plantas no nativas.	81
Anexo 5. Mapa de distribución de los especímenes de plantas no nativas, de acuerdo con las subprovincias biogeográficas de los páramos del Ecuador.....	82

INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Patrones de distribución de plantas no nativas en los páramos ecuatorianos como base para apoyar los esfuerzos en su conservación.

Fecha de Inicio: 09 de diciembre de 2022

Fecha de Finalización: 25 de mayo de 2023

Lugar de ejecución: páramos del Ecuador

Equipo de Trabajo:

Tutor de titulación: Verónica Sandoya Sánchez, PhD.

Maestrante: María Alejandra Moscoso Estrella

Lector 1: PhD. José Antonio Andrade Valencia

Lector 2: M.Sc. Jaime Rene Lema Pillalaza

Lector 3: M.Sc. Oscar Rene Daza

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sublínea de investigación: Manejo y conservación de la biodiversidad.

INTRODUCCIÓN

El páramo es una importante región de alta montaña, que se distribuye discontinuamente desde Costa Rica hasta el Perú. En Costa Rica y Panamá existen zonas sobre los 3.000 m s.n.m. que se consideran páramo; y una distribución continua desde la parte norte de la cordillera de los Andes en Venezuela, hasta el norte de Perú (Hofstede *et al.*, 2003; Cleef, 1978). La vegetación de esta zona responde a patrones climáticos regionales, y a las variaciones de climas locales, que dependen principalmente de la temperatura y precipitación. Es decir, las comunidades vegetales son el resultado de la combinación de factores ambientales a diferente escala (Maldonado Fonkén, 2014; Peyre, 2015); por esto, cambios mínimos en hábitats de altas elevaciones pueden generar extinciones de plantas nativas, motivo por el cual es considerada una de las regiones más vulnerables a nivel mundial (Correa *et al.*, 2020). Además, el páramo es importante ya que provee de numerosos servicios ecosistémicos, como agua fresca para las ciudades de la sierra, secuestro y almacenamiento de carbono y actividades de ecoturismo (Bremer *et al.*, 2016).

A pesar de su importancia, los páramos enfrentan múltiples amenazas, la mayoría asociadas con actividades antrópicas que proporcionan importantes ingresos económicos, como la agricultura y la ganadería. Estas prácticas ejercen una gran presión sobre esta región, y constituyen un factor importante para el cambio de las características de sus ecosistemas. Además, estas actividades son causantes directas o indirectas de la distribución y establecimiento de especies no nativas o exóticas (Camacho & Peyre, 2022; Hofstede *et al.*, 2003).

Las especies no nativas, llamadas también especies introducidas o exóticas, han causado efectos negativos sobre las comunidades vegetales en varias zonas de páramo (Nieto C. & Estrella, 2011). Estas especies, al establecerse en un nuevo entorno compiten por espacio y recursos con las especies nativas, pudiendo desplazar a estas últimas, o alterar la composición de las comunidades ya constituidas (Drake & Lodge, 2004). A pesar de esta problemática, no existe información suficiente que explique la influencia que tienen las especies introducidas en los páramos.

Se han encontrado pocos estudios sobre introducciones de especies en regiones altoandinas, los cuales han reportado escasos registros de especies no nativas, en bases de datos accesibles para la comunidad científica. El sesgo de información está determinado por varios aspectos como: intensidad de muestreo, número de censos, tipo de estudio, mayor enfoque de estudio en especies nativas o endémicas, así como cercanía y facilidades de acceso al área de estudio. También, existe un desconocimiento sobre los factores ambientales o aspectos biológicos que promueven el establecimiento de las especies no nativas en los páramos.

Los páramos, al igual que otros ecosistemas de alta montaña, muestran una relación inversa entre la elevación y la temperatura, es decir, un clima frío y con cambios bruscos diarios en el estado atmosférico (Körner, 2003; Luteyn, 1999). Además, son ecosistemas húmedos, con alta radiación solar, que conjugado con el frío provocan estrés ambiental en las especies vegetales (Hofstede *et al.*, 2003); esta situación ambiental constituye un filtro que limita la distribución y expansión de las especies que no están adaptadas a este tipo de clima (Pauchard *et al.*, 2009). Por otro lado, no se han realizado estudios sobre la presencia de especies no nativas en altas elevaciones, y su relación con factores ambientales, tales como: precipitación, temperatura o intensidad del viento (Peyre 2015).

Por esta razón, el presente estudio pretende analizar, en base a los registros encontrados, los patrones de distribución de las especies vegetales no nativas en los páramos del Ecuador, en relación con las siguientes variables: *fisiológicas* (forma de vida, corología y subprovincias biogeográficas), *ambientales* (precipitación y temperatura), y *antrópicas* (existencia del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, tipo y distancia a las vías). Los resultados de este estudio permitirán, potencialmente, elaborar estrategias de protección y conservación de los páramos de estos ecosistemas frágiles, a través del desarrollo de planes de acción para prevenir, manejar y controlar las especies no nativas.

Este trabajo utilizó información proveniente de bases de datos nacionales, e internacionales, sobre registros de especies de plantas no nativas localizadas en los páramos del Ecuador, así como de variables climáticas. Los datos sobre formas de vida y corología fueron extraídos de fuentes bibliográficas; estos datos permitieron integrar información sobre aspectos inherentes a la ecología y la biogeografía de las

especies no nativas, para crear nuevas perspectivas de estudios sobre el impacto que estas especies tienen sobre las comunidades vegetales de los páramos.

La estructura del presente manuscrito está dividida en tres capítulos. En el Capítulo I se expone el Marco Teórico que integra los componentes relevantes para sustentar la investigación. El Capítulo II contiene la descripción de la metodología utilizada para obtener los datos, y los análisis estadísticos utilizados para evaluar los mismos. El Capítulo III muestra los resultados de la investigación y la discusión, donde se analiza y compara los resultados obtenidos con estudios publicados sobre el tema. Finalmente, en la sección de Conclusiones se resumen los principales hallazgos, incluyendo las recomendaciones para futuros trabajos enfocados en el desarrollo de planes de acción para conservar los páramos del Ecuador.

JUSTIFICACIÓN

El páramo es considerado la región de alta montaña que alberga la mayor diversidad y endemismo. Este es único, contiene variedad de hábitats que responden a una serie de condiciones ambientales locales. Así mismo, estas regiones almacenan la mayor cantidad de agua, que luego es distribuida hacia tierras bajas. A pesar de su importancia, el páramo sufre una serie de impactos negativos producto de la actividad antrópica, como: ampliación de la frontera agrícola, actividades de forestación y reforestación con especies no nativas, sobreexplotación, e incendios provocados.

El cambio de la cobertura vegetal, uso de la tierra, y la utilización de especies no nativas, altera el funcionamiento de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos. La presencia de especies introducidas, y su capacidad competitiva, provoca cambios a nivel poblacional y de comunidad en los páramos, pudiendo causar desplazamiento o extinción de especies nativas. A pesar de que hay un conocimiento general sobre el problema de la presencia de especies no nativas y su impacto en la biodiversidad, el nivel de conocimiento específico sobre la presencia de estas especies en los páramos de Ecuador es limitado. Hasta la fecha, no se ha llevado a cabo una evaluación exhaustiva de la diversidad de especies exóticas y su distribución en los páramos, ni se ha evaluado el impacto que estas especies tienen en las comunidades vegetales nativas. Es posible que varios factores estén

involucrados en la distribución de las especies exóticas. Entre estos factores se podría incluir a los fisiológicos, ambientales y antrópicos. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo estudios preliminares pero detallados para comprender la influencia de estos factores en la distribución de las especies alóctonas en los páramos del Ecuador. Con base en esto se pueden establecer estrategias de control, manejo y prevención de estas especies. Si no se llevan a cabo estas investigaciones, se corre el riesgo de perder la biodiversidad única de los páramos, lo que a su vez podría tener graves consecuencias ecológicas para la región.

PROBLEMA

Las especies no nativas, llamadas también especies introducidas o exóticas, constituyen una amenaza para la diversidad biológica, ya que, al establecerse en un nuevo entorno pueden desplazar especies nativas y alterar la composición de las comunidades vegetales (Gioira y Osborne, 2014); por este motivo, son consideradas como los mayores conductores de cambio de la biodiversidad dentro de un ecosistema (Sala *et al.*, 2000; Mack *et al.*, 2007).

La colonización, dispersión y expansión exitosa de las especies no nativas, en nuevos ambientes, es promovida por la presencia de caminos, los cuales son considerados como corredores biológicos y la principal vía de introducción de estas especies (Dar *et al.*, 2015; Dar *et al.*, 2015). Durante la construcción de los caminos se alteran o fragmentan ecosistemas, las barreras físicas y biológicas desaparecen, y se incrementa la probabilidad de establecimiento de especies generalistas, con ciclo de vida corto y altas tasas reproductivas (Parendes & Jones, 2000).

En este sentido, la presencia de caminos en las zonas de páramo incrementa la vulnerabilidad y fragilidad de sus comunidades vegetales, por la presencia de especies no nativas, provocando una posible pérdida de biodiversidad y alteración del funcionamiento de estos ecosistemas.

A pesar del impacto negativo que pueden provocar las especies no nativas sobre los páramos, en Ecuador existe poca información al respecto. Por esta razón, es necesario evaluar la presencia de especies no nativas en estas áreas frágiles, iniciando con una línea base que sirva de punto de partida para futuros estudios sobre esta importante temática.

La información que se generará en esta investigación apoyará las estrategias tanto para conservación de los páramos, como para establecer planes o proyectos que permitan controlar y manejar los efectos negativos causados por las especies no nativas en general.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Está la distribución de las especies alóctonas en los páramos del Ecuador relacionada con factores fisiológicos, ambientales y antrópicos?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Definir patrones de distribución de las plantas no nativas en los páramos del Ecuador, basados en registros de colecciones provenientes de diferentes estudios, en relación con variables fisiológicas, ambientales y antrópicas.

Objetivos Específicos

1. Evaluar la presencia de plantas no nativas de los páramos del Ecuador en relación con su forma de vida, corología y subprovincias biogeográficas.
2. Determinar el número de especies no nativas distribuidas en los páramos del Ecuador, en relación con las variables ambientales: elevación, precipitación y temperatura.
3. Relacionar la distribución de las especies no nativas con la distancia y el tipo de camino existente en los páramos del Ecuador.
4. Analizar la presencia o ausencia de especies no nativas de los páramos del Ecuador dentro de las Áreas Protegidas.

**ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS PLANTEADOS
OPERATIVIDAD**

En la Tabla 1 se sistematiza las actividades realizadas de una manera clara y concisa con base en los objetivos específicos planteados.

Tabla 1.

Planificación detallada de las actividades que se realizaron para el desarrollo del proyecto.

Nro.	Objetivo	Actividad	Metodología Técnicas e instrumentos	Resultados de la actividad
1	Evaluar la presencia de plantas no nativas de los páramos del Ecuador en relación con su forma de vida, corología y subprovincias biogeográficas.	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de información y eliminación de registros sin coordenadas y están en páramo. • Creación de matriz y cruce de información para determinar las especies no nativas. • Recopilación de información bibliográfica: corología, forma de vida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de Información primaria: GIBIF, material suplementario de Sandoya <i>et al.</i>, (2017), GRIIS, The Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador y sus adendas. • Utilización de QGIS. • Utilización de RStudio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos de especies no nativas en los páramos del Ecuador. • Mapa temático. • Gráficos de barra.

		<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de capas vectoriales del mapa interactivo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. • Elaboración de mapas para definir el área de estudio y determinar las provincias biogeográficas donde se encuentra cada registro. • Adición de la información generada con los mapas a la matriz general. • Análisis de la matriz a través de estadística descriptiva y multivariada. • Determinar si los resultados concuerdan con las preguntas planteadas. 		
2	Determinar el número de especies no nativas distribuidas en los páramos del Ecuador, en relación con las variables ambientales:	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de información y eliminación de registros sin coordenadas y están en páramo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de Información primaria: GIBIF, material suplementario de Sandoya <i>et al.</i>, 2017, GRIIS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos de especies no nativas en los páramos del Ecuador. • Mapas temáticos.

	<p>elevación, precipitación y temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de matriz y cruce de información para determinar las especies no nativas. • Descarga de capas vectoriales del mapa interactivo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. • Elaboración de mapas para determinar las provincias biogeográficas donde se encuentra cada registro, área del SNAP, tipo de camino y distancia del camino. • Descarga de datos de precipitación anual y temperatura media anual de acuerdo con las coordenadas de cada registro. • Adición de la información generada con los mapas a la matriz general. • Análisis de la matriz a través de estadística descriptiva y multivariada. 	<p>• Capas vectoriales: Ecosistemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de QGIS. • Utilización de RStudio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Regresiones lineales y GLM
--	--	---	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> • Determinar si los resultados concuerdan con las hipótesis planteadas. 		
3	Relacionar la distribución de las especies no nativas con la distancia y el tipo de camino existente en los páramos del Ecuador.	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de información y eliminación de registros sin coordenadas y están en páramo. • Creación de matriz y cruce de información para determinar las especies no nativas. • Descarga de capas vectoriales del mapa interactivo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; y, del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. • Elaboración de mapas para determinar el tipo de camino y distancia del camino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de Información primaria: GIBIF, material suplementario de Sandoya <i>et al.</i>, 2017, GRIIS. • Capas vectoriales: Ecosistemas, Red Vial Estatal. • Utilización de QGIS y el complemento NNJOIN. • Utilización de RStudio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos de especies no nativas en los páramos del Ecuador. • Mapas temáticos. • Distancia de cada registro a la vía más cercana y el tipo de esta. • Gráficos de barra, gráficos de dispersión y GLM

		<ul style="list-style-type: none"> • Adición de la información generada con los mapas a la matriz general. • Análisis de la matriz a través de estadística descriptiva y multivariada. • Determinar si los resultados concuerdan con las preguntas e hipótesis planteadas. 		
4	Analizar la presencia o ausencia de especies no nativas de los páramos del Ecuador dentro de las Áreas Protegidas.	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de información y eliminación de registros sin coordenadas y están en páramo. • Creación de matriz y cruce de información para determinar las especies no nativas. • Descarga de capas vectoriales del mapa interactivo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; y, del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de Información primaria: GIBIF, material suplementario de Sandoya <i>et al.</i>, 2017, GRIIS. • Capas vectoriales: Ecosistemas, Sistema Nacional de Áreas Protegidas. • Utilización de QGIS. • Utilización de RStudio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos de especies no nativas en los páramos del Ecuador. • Mapas temáticos. • Gráficos de barra.

		<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de mapas para determinar donde se encuentra cada registro en área del SNAP. • Adición de la información generada con los mapas a la matriz general. • Análisis de la matriz a través de estadística descriptiva y multivariada. • Determinar si los resultados concuerdan con la pregunta planteada. 		
--	--	---	--	--

Nota: La tabla de actividades fue esencial para el desarrollo del proyecto de investigación, ya que permitió una clara visualización de todas las actividades que debían realizarse en relación con los objetivos planteados. La sistematización de estas actividades en la tabla también permitió una mejor asignación de recursos y una gestión más efectiva del tiempo, lo que condujo a la obtención de los resultados esperados

VARIABLES

En esta investigación, la variable dependiente utilizada para los análisis fue el número de especies no nativas registradas en los diferentes estudios realizados en los páramos del Ecuador.

Las variables independientes fueron: *fisiológicas*: forma de vida de las especies no nativas, corología de las especies no nativas y subprovincias biogeográficas de los páramos; *ambientales*: elevación, precipitación y temperatura; *antrópicas*: tipo de camino y distancia desde el camino a la que fue encontrado el espécimen, y Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Se hallará en los páramos una mayor proporción de especies no nativas originarias de zonas holárticas?
2. ¿Se registrará similar número de especies exóticas en cada subprovincia biogeográfica de los páramos?
3. ¿Se encontrará una mayor proporción de especies no nativas herbáceas en los páramos?
4. ¿Dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas se encontrará menor proporción de especies exóticas en relación con las áreas que no están protegidas?

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

- H1. La distribución de las especies no nativas en los páramos está definida por la elevación. A mayor elevación se encontrará un menor número de especies no nativas.
- H2. La diversidad de especies no nativas incrementará en sitios con mayor temperatura y precipitación. Páramos con menor precipitación y bajas temperaturas tendrán menor número de especies exóticas.
- H3. El establecimiento de especies no nativas en los páramos está determinado por el tipo de camino. Los caminos de primer orden albergarán un mayor número de especies no nativas.

H4. La distribución de especies exóticas está definida por la cercanía al camino.
La presencia de especies no nativas aumentará conforme estas se encuentren más cerca de los caminos.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.1. PÁRAMO

A nivel mundial, en todas las latitudes existen altas montañas, incluyendo islas (Billings, 2019). Los ecosistemas de alta montaña son únicos, excepcionales, y vulnerables, debido a su origen geológico e historia evolutiva (Peyre, 2015). Las altas elevaciones son consideradas islas, ya que se encuentran aisladas por desiertos, praderas o bosques de las tierras bajas (Dwight, 1979).

En Sudamérica, los ecosistemas de alta montaña son el producto de los cambios de clima sufridos durante el Cuaternario, así como del levantamiento de la cordillera de los Andes (Oleas *et al.*, 2012). Estos factores causaron un gradiente altitudinal, y aislamiento geográfico, que promovió la creación de ecosistemas con estructuras vegetales particulares que permitieron que plantas y animales se adapten y radien evolutivamente (Hughes & Eastwood, 2006; Sklenář & Balslev, 2005). Un claro ejemplo de ello es el páramo, considerado la región biogeográfica de alta montaña más diversa por el gran número de hábitats y especies vegetales endémicas (Josse *et al.*, 2000). Según varios autores, los consideran ecosistemas alpinos de los Andes tropicales húmedos (Rada *et al.*, 2019).

Los páramos se distribuyen discontinuamente desde Costa Rica hasta el Perú, es decir entre 111°N y 81°S de latitud. En Costa Rica y Panamá existen zonas sobre los 3.000 m s.n.m. que se consideran páramo; y una distribución continua desde la parte norte de la cordillera de los Andes en Venezuela, hasta el norte de Perú (Figura

1) (Cleef, 1978). En Sudamérica, los páramos incluyen ecosistemas ubicados entre la línea de bosque y las nieves perpetuas, aproximadamente entre los 3.000 y los 5.000 m s.n.m. (Luteyn, 1999). Al igual que el resto de las zonas de alta montaña, el páramo se encuentra confinado a las cumbres de volcanes y montañas de altas elevaciones, por esto se lo trata como un archipiélago continental, con islas confinadas y rodeadas por bosques montanos (Luteyn, 1999).

Los ecosistemas naturales del páramo responden a una serie de condiciones ambientales como topografía, historia geológica y local, clima, temperatura, porcentaje de exposición a la radiación, tipo de suelo, pH del suelo, entre otros (Luteyn, 1999). Su límite inferior puede variar conforme la historia geológica de la zona, y por el tipo, frecuencia e intensidad de las actividades antrópicas (Van der Hammen, 1995). No obstante, se considera que los páramos se encuentran por encima de la línea superior de bosque y su vegetación es continua y está dominada por formas de vida de baja estatura, como hierbas, rosetas gigantes, esclerófilas, coriáceas, arbustos, pajonales, hierbas en roseta, plantas cespitosas, arbustos enanos, rosetas acaulescentes y plantas en cojín (Rada *et al.*, 2019; León-Yáñez, 2011; Luteyn, 1999)

En los páramos de los Andes más septentrionales de Venezuela, la Sierra Nevada de Santa Marta en el norte de Colombia existe una marcada estación seca debido a la influencia de los vientos alisios del noreste (Herrmann, 1970; Lauer, 1979). El resto de los páramos de Colombia, así como el norte y centro de Ecuador, están influenciados por la convergencia intertropical de masas de aire, lo cual les provee de una alta y continua humedad durante la mayor parte de los meses del año (Herrmann, 1970; Lauer, 1979). El Páramo se vuelve más seco cerca de sus límites, al sur de Ecuador y el norte de Perú, debido a la influencia de dos masas de aire, una húmeda proveniente de la cuenca del Amazonas y otra con aire seco y fresco, influenciada por la Corriente de Humboldt (Herrmann, 1970; Lauer, 1979).

Además de los patrones climáticos regionales mencionados, existe una fuerte influencia de los microclimas presentes a nivel local (temperatura, precipitación, geología, entre otros) que definen la vegetación de los páramos. Es decir, las comunidades de plantas nativas son el reflejo de la combinación de factores a nivel

local y regional (Ahumada & Faúndez, 2009; Maldonado Fonkén, 2014; Peyre, 2015).

Figura 1.
Distribución de los páramos en el mundo



Nota: tomada de Hofstede *et al.*, 2003, p. 259.

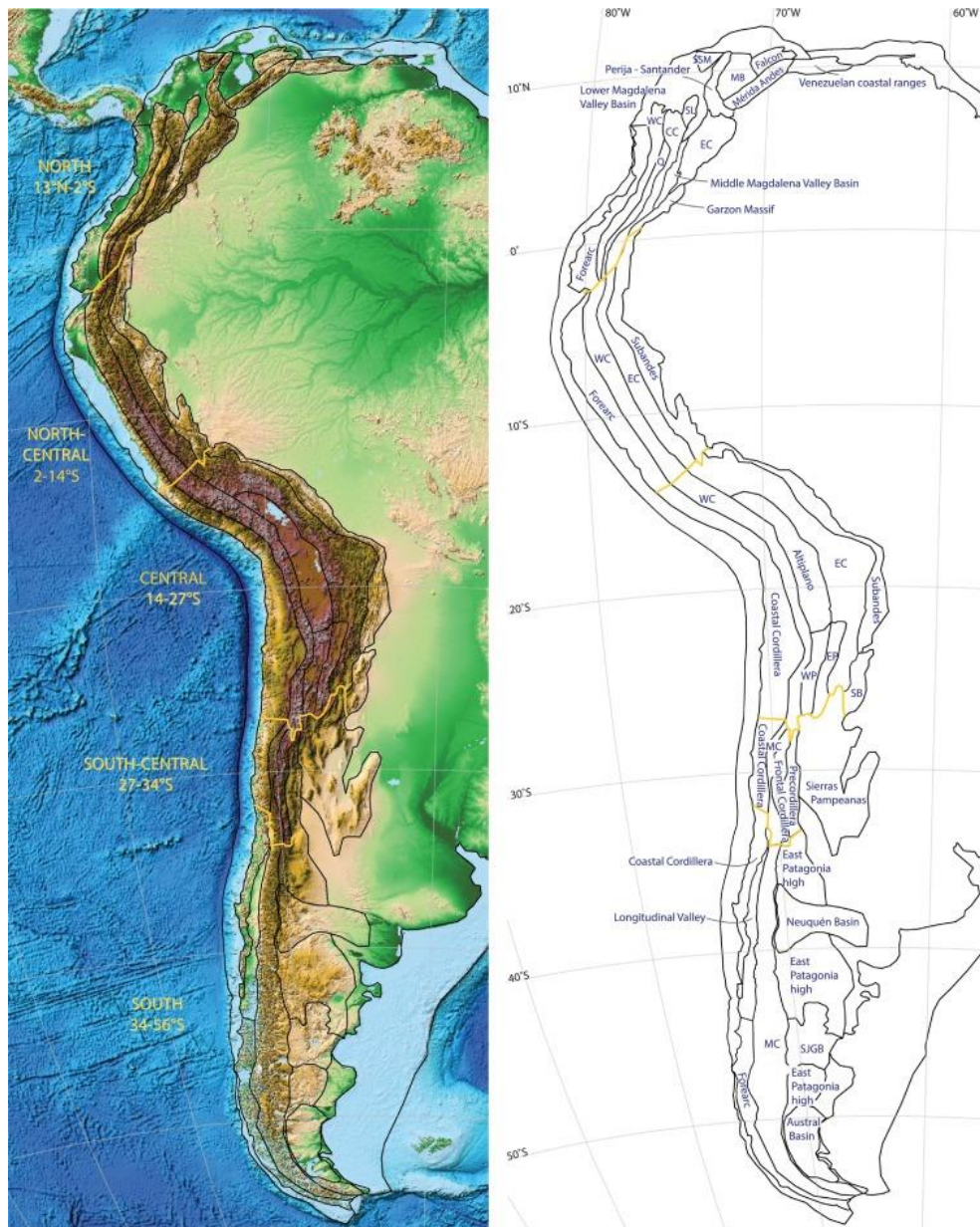
1.1.1.1. Origen

El levantamiento de la cordillera de los Andes influyó fuertemente en la geología, el clima y la biodiversidad de América del Sur (Ceccarelli *et al.*, 2016). Con una extensión de 8000 km, de norte a sur, es considerada la cadena montañosa continental más larga del mundo (Ceccarelli *et al.*, 2016). Esta cordillera se originó principalmente por la subducción de la Placa oceánica de Nazca bajo la Placa Sudamericana (dorsal oceánico) que fue empujada hacia arriba mientras se desplazaba hacia el oeste (Husson *et al.*, 2012); así mismo, placas como la de Cocos, Antártida y la microplaca Andes del norte influenciaron en la zona norte y sur. El levantamiento de los Andes en América del Sur no tiene un único origen geológico ni tectónico, de ahí que se distinguen cuatro segmentos con un tiempo de origen diferente. Los Andes del norte o septentrionales (10°N - 5°S), Andes centrales (5 - 33,5°S), Andes del sur (33,5 - 46,5°S) y Andes australes (46,5 - 56°S) (Figura 2) (Tassara *et al.*, 2006).

Los páramos en Sudamérica se extienden desde la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) (11°N) hasta el norte del Perú (ca. 8°S), es decir en los Andes septentrionales (Luteyn, 1999). Los Andes del Norte —Venezuela, Colombia y Ecuador— son relativamente más recientes, su origen principal fue en el Mioceno, hace 25 millones de años, con levantamientos importantes durante el Plioceno Tardío, y a inicios del Pleistoceno, hace aproximadamente 5 a 1,5 millones de años (Van der Hammen, 1974).

Figura 2.

Mapa de los segmentos de la Cordillera de los Andes.



Nota: Tomado de Boschman, 2021, p. 3. Las líneas amarillas muestran los segmentos de la cordillera de los Andes de acuerdo con su edad y características geomorfológicas.

1.1.1.2. Clima

Los páramos tienen un clima frío y húmedo, con cambios bruscos en el estado atmosférico (Luteyn, 1999). A nivel mundial, estos ecosistemas están expuestos a la más alta irradiación solar, por este motivo existe una gran diferencia entre el día

y la noche; esto indica que, los cambios diarios son mucho más importantes (hasta 30 °C) que los anuales (2 a 10 °C) (Hofstede *et al.*, 2003; Luteyn, 1999). Estas fluctuaciones producen ciclos diarios de congelación; y a medida que se incrementa la elevación, también aumentan la frecuencia y distribución de las heladas, en especial en la noche (León-Yáñez, 1993). Además, a diferencia de las altas montañas de las zonas templadas, que tienen una estacionalidad anual (cuatro estaciones), en los páramos únicamente existe estación seca y húmeda (León-Yáñez, 1993).

En estas regiones, la cantidad y la distribución de las precipitaciones varía con la elevación, la orientación de los flancos de los Andes y la posición geográfica en relación con las influencias oceánicas, de ahí que los patrones de precipitación en los Andes son complejos, aunque se ha registrado valores extremos entre 700 y 3.000 mm (Hofstede *et al.*, 2003; Luteyn, 1999). Además, debido a la elevada humedad relativa y la nubosidad, en el páramo existe una notable frecuencia e intensidad de precipitación horizontal (Moret, 2005; Hedberg & Hedberg, 1979).

En Ecuador, los Andes se dividen en la cordillera Occidental y la Oriental, estas regiones están sujetas a variación climática dependiendo de su situación geográfica y la topografía abrupta (Moret, 2005). Al encontrarse cerca de la línea ecuatorial, las temperaturas medias anuales son relativamente constantes y las estaciones son poco marcadas. En la cordillera Oriental, la cual tiene influencia amazónica, no se observa una estación seca definida, pero existe una menor frecuencia de lluvias entre los meses de diciembre a enero (Moret, 2005). En la cordillera Occidental, influenciada por la costa del océano Pacífico, existen menos precipitaciones en los meses de julio y agosto, junto con vientos más fuertes (Moret, 2005).

También, se puede diferenciar climáticamente entre la zona norte, centro y zona austral del Ecuador. La zona austral del país presenta una situación topográfica, e historia geológica, particular, con características específicas, posee sectores donde los vientos fuertes ocasionan ambientes secos, provocando bajo desarrollo del bosque, con vegetación similar al subpáramo, entre los 2700 y 3000 m s.n.m. (León-Yáñez, 2011; Moret, 2005). En la zona norte y centro del país, el clima es húmedo la mayor parte del año (León-Yáñez, 2011).

Cabe señalar que, la nubosidad en los páramos ecuatorianos es siempre alta, sobre todo a partir del mediodía, como producto de la convección atmosférica que se produce en las faldas de los Andes, la cual fomenta la formación de nubes o neblina. Por último, la humedad relativa es generalmente muy elevada, con promedios que oscilan entre 70 y 90 % (Moret, 2005).

1.1.1.2.1. Suelos

La historia geológica de los Andes ha creado una gran variabilidad de tipos de suelo en los páramos. La mayor parte son suelos húmedos, negros, con pH ácido y alto contenido de materia orgánica, esponjosos en las hondonadas, pero también su clasificación depende de la elevación. En las partes más altas, los suelos son diferentes a los de las zonas más bajas, porque tienen poco espesor, poseen mucha roca y arena, y muy poca materia orgánica; por tanto, tienen poca capacidad de retención de agua (León-Yáñez, 2011). Estos suelos son sensibles a los procesos erosivos, pudiendo dejar roca madre descubierta en vertientes escarpadas o en zonas elevadas del superpáramo (Moret, 2005).

1.1.1.3. Zonificación

La vegetación del páramo no es uniforme, es posible encontrar una gran variedad de formaciones y asociaciones vegetales. Existen varios criterios para su clasificación; la más simple y ampliamente utilizada se basa en características fitogeográficas, corología y fisonomía; mediante las cuales se puede distinguir tres zonas: subpáramo, páramo y superpáramo (León-Yáñez, 2011; Luteyn, 1999). El subpáramo corresponde “al cinturón de transición o ecotono inferior entre el bosque montano y el verdadero páramo. El superpáramo es una zona de transición entre el páramo y las nieves perpetuas” (León-Yáñez, 2011, p. 29). Cabe señalar que, la compleja distribución climática sobre cada una de las cumbres depende de las diferentes combinaciones de elevación y composición vegetal, lo cual produce una gran variedad de microclimas locales que influye en la diversidad biológica de los páramos (Kvillner & Sonesson, 1980). Esta zona, puede encontrarse desde los 2.800 m s.n.m., o desde los 4.000 m s.n.m., esto depende de los factores bióticos y abióticos de cada localidad (Luteyn, 1999). Tiene alta influencia antrópica; por lo

que, en condiciones naturales, y debido a que es una zona de transición, se puede encontrar árboles y arbustos esparcidos entre el pajonal junto a pequeñas hierbas (León-Yáñez, 2011).

El páramo propiamente dicho se encuentra entre 3.500 o 4.000 hasta 4.400 m s.n.m. (Luteyn, 1999). Esta zona es la más amplia, y está cubierta principalmente por pajonales, seguido por rosetas gigantes, hierbas en roseta y los arbustos enanos (León-Yáñez, 2011). Dentro de esta zona se encuentran comunidades vegetales azonales —humedales, lagunas, lagos, almohadillas, entre otros— producto de la relación e interacción de factores bióticos y abióticos locales, como humedad del suelo y topografía (León-Yáñez, 2011).

El superpáramo está en las cumbres de las montañas más altas, generalmente sobre los 4.400 m s.n.m., y bajo el límite de las nieves perpetuas (Luteyn, 1999). La vegetación crece sobre suelos rocosos, gruesos y arenosos. Esta zona alberga pequeñas plantas esparcidas, o en grupos, y gran cantidad de musgos y líquenes (León-Yáñez, 2011).

En Ecuador, dicha clasificación de los páramos aún se mantiene. Sin embargo, como ya se mencionó, es una región compleja y muy diversa tanto a nivel de especies como de hábitats y microhábitats, que a veces coexisten o se entremezclan entre sí o con el bosque; además, sus características y aspecto varían en relación con la presencia de asentamientos humanos y sus respectivas actividades asociadas (Moret, 2005). Por esta razón, estudios recientes se han enfocado en el “patrón general de unidades históricas de las zonas que han sido consideradas como Páramo” (Díaz-Acevedo *et al.*, 2020, p. 511); mediante el cual se han definido dos subprovincias, la norte de Ecuador y la centro-sur de Ecuador (Díaz-Acevedo *et al.*, 2020); dentro de la subprovincia centro-sur de Ecuador, se ha identificado el distrito de páramo del centro ecuatoriano y el distrito de páramo del sur ecuatoriano (Morrone, 2021; Díaz-Acevedo *et al.*, 2020). No obstante, aún se precisa realizar estudios biogeográficos a nivel de los páramos ecuatorianos que complementen esta clasificación y que relacionen la vegetación con las barreras naturales existentes; es decir, la división de los Andes de manera paralela (zona occidental y oriental) y las barreras transversales (línea tectónica del Chota-Mira y la falla de Guayaquil) (Baby *et al.*, 2013). Al mismo tiempo, otras investigaciones podrían relacionar con

la historia geológica de la Cordillera de los Andes, ya que los Andes de la zona sur del Ecuador son parte de la depresión Girón-Cuenca que se extiende hasta Huancabamba (norte de Perú), esta zona fue activa hasta finales del Terciario; por su parte, los Andes del norte y centro del país tienen un origen reciente y su actividad volcánica aún se mantiene (Villota & Behling, 2014; Baby *et al.*, 2013; Moret, 2005).

1.1.1.4. Conservación

Las regiones de alta montaña, incluyendo los páramos, son de importancia mundial. Su extremada fragilidad y su notable diversidad se han visto afectadas principalmente por la intensa ocupación humana desde tiempos ancestrales (Hofstede *et al.* 2003). Por este motivo, la Organización de las Naciones Unidas (s.f.), en el Programa 21, Capítulo 13 definió la “Ordenación de ecosistemas frágiles: desarrollo sostenible de las zonas de montaña”.

Los páramos proporcionan bienes y servicios ambientales de fundamental interés para los humanos que habitan en áreas circundantes, como agua fresca, secuestro y almacenamiento de carbono, biodiversidad, entre otros (Bremer *et al.*, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002).

A pesar de las inclemencias climáticas y su accidentada topografía, el páramo ha resultado bastante favorable para el establecimiento de asentamientos humanos, y, con ello, el desarrollo de actividades antrópicas, como: agricultura, ganadería, pastoreo y quema de residuos; prácticas que alteran rápidamente las características físicas del suelo y la biodiversidad de los páramos (Castaño-Uribe *et al.*, 2004).

En Ecuador, se considera a los páramos como ecosistemas frágiles y amenazados (Código Orgánico del Ambiente [CODA], 2017, Art. 40); además, se los cataloga como zonas que poseen alto endemismo vegetal, registrándose alrededor de 273 especies (60 %) que crecen únicamente en estas regiones (León-Yáñez *et al.*, 2011). Por tal motivo, se han establecido estrategias de protección in situ, siendo una de estas la adición de zonas de páramo al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Este sistema está formado por espacios prioritarios que procuran garantizar la conservación, protección, manejo y uso sostenible de la biodiversidad, promoviendo el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas

(CODA, 2017, Art. 37). Hasta la fecha, en el Ecuador se han creado 35 áreas que protegen a los páramos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, s.f.).

1.1.1.5. Importancia

Los páramos mantienen una diversidad gamma relativamente alta; es decir, acogen alta diversidad de hábitats y microhábitats (Medina & Mena Vásconez, 2001; Bosman *et al.*, 1993), y un impresionante endemismo. La estrecha relación de sus factores abióticos y bióticos promueve la provisión de numerosos servicios ecosistémicos a las poblaciones humanas (Hofstede *et al.*, 2003); siendo la regulación y distribución hídrica uno de los principales servicios ecosistémicos que proporcionan los páramos; debido a su vegetación y tipo de suelo, el deshielo de las montañas es almacenado y distribuido a cuerpos hídricos que proveen de agua fresca a las zonas bajas del territorio (Camacho, 2013).

Los páramos son un pilar importante en el desarrollo económico y agropecuario de la sierra ecuatoriana, ya que en este se produce una gran cantidad de productos agrícolas y pecuarios (Camacho, 2013). Además, el ecoturismo, promovido por la belleza escénica de los páramos, proporciona recreación e importantes ingresos económicos para la región (Camacho, 2013).

1.1.2. ESPECIES NO NATIVAS

Las especies introducidas o exóticas son taxones no nativos que crecen en áreas que no corresponden a su distribución natural, esta expansión puede darse por actividades humanas intencionales o involuntarias (Bjarnason *et al.*, 2017). Según el Código Orgánico del Ambiente (2017), se define a las especies exóticas o introducidas como las “Especies, subespecie, raza, o variedad de animal, planta o microorganismo no nativo de un determinado espacio geográfico como producto de una actividad humana o natural.” (p. 90).

Las especies no nativas pueden causar importantes efectos en la biodiversidad nativa cuando invaden los sitios de introducción (Bjarnason *et al.*, 2017). Algunas especies son capaces de modificar el entorno, causando cambios a nivel de comunidad, local o global, alterando el funcionamiento del ecosistema y

provocando extinciones (Bjarnason *et al.*, 2017). Según el Art. 196 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente [RCODA] (2019), se ha establecido que las especies invasoras son “la planta, animal o microorganismo que se establezca y propague causando una alteración o daño en la biodiversidad, la economía o la salud humana” (p. 42).

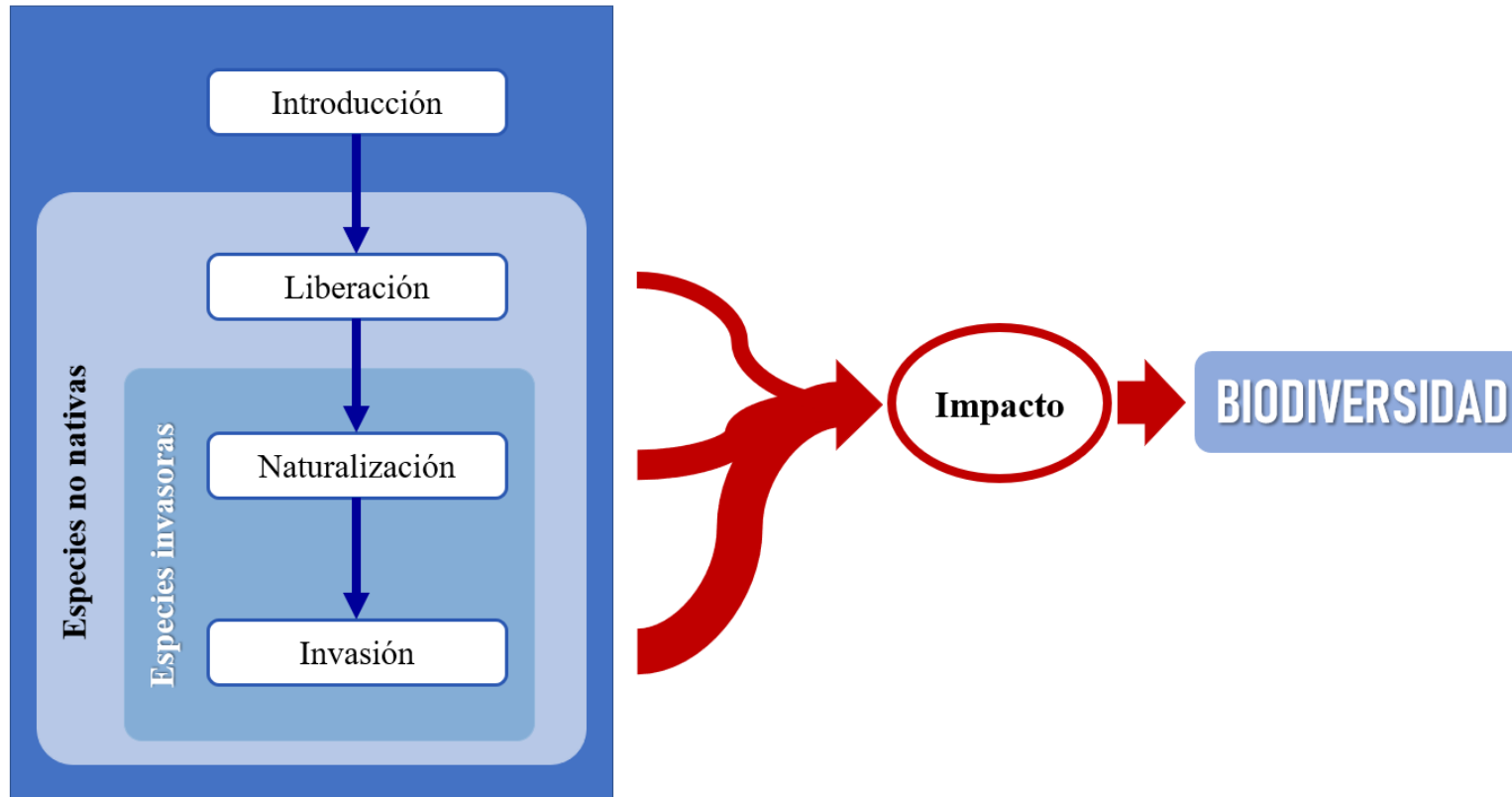
Las especies no nativas invasoras son consideradas uno de los mayores impulsores de la pérdida de biodiversidad (Bjarnason *et al.*, 2017). Existen zonas particularmente vulnerables a las especies invasoras no nativas, por su situación geográfica, como islas, páramos y otras zonas que se encuentran geográficamente aisladas (Bjarnason *et al.*, 2017). Esta fragilidad se debe a que sus comunidades biológicas han desarrollado relaciones mutualistas e interacciones con factores abióticos y bióticos específicos a lo largo de la historia evolutiva y cualquier perturbación podría afectarlas (Traveset, 2015).

Las especies no nativas guardan una estrecha relación con las actividades humanas, las cuales han provocado, sea deliberada o inadvertidamente, su expansión hacia zonas donde no son originarias (Pizarro *et al.*, 2023). El proceso de introducción de especies no nativas ocurre en dos etapas, con dos fases adicionales en el caso de llegar a ser invasoras, las cuales implican la superación de barreras tanto biológicas como físicas (Jeschke *et al.*, 2021). La primera fase, o de introducción, ocurre cuando las especies no nativas son transportadas de manera intencional, o involuntaria, a una nueva área de distribución (Blackburn *et al.*, 2021); la segunda fase, o de liberación, ocurre cuando la especie se desplaza hacia una zona natural. Si existe un establecimiento de sus poblaciones ocurre la tercera fase, o de naturalización; por último, en la cuarta fase, o de invasión, se evidencia que sus poblaciones, por dispersión, son encontradas en áreas alejadas del sitio inicial de introducción de la especie. (Jeschke *et al.*, 2021; Blackburn *et al.*, 2011) (Figura 3). Es importante señalar que, el proceso de introducción y la respuesta de las especies no nativas también depende de su tolerancia o preadaptación a factores como la precipitación y la temperatura; un ejemplo de esto es el frío extremo y la precipitación limitada, las cuales afectan de manera negativa en los patrones de distribución de las especies no nativas (Guo *et al.*, 2022).

Adicionalmente, el impacto que causan estas especies en la biodiversidad se produce en cada una de las fases mencionadas; por tal motivo, es importante planificar y desarrollar estrategias de conservación de áreas vulnerables, como son los páramos (Tye, 2006). El modelamiento del nicho ecológico puede ser una excelente herramienta para predecir el rango de distribución al que pueden expandirse las especies introducidas y potencialmente invasoras, y generar importante información para prevenir la pérdida de la biodiversidad y de los ecosistemas (Guo *et al.*, 2022).

Figura 3.

Proceso de introducción de especies no nativas mediada por actividades antrópicas.



Nota: Tomado de Jeschke *et al.*, 2021, p. 2. Las cajas blancas muestran las fases que cada especie no nativa debe conseguir para lograr establecerse en un nuevo rango y volverse invasiva; las flechas de color azul muestran el orden de las fases; el grosor de las flechas de color rojo muestra el grado de impacto que causa cada fase.

1.1.3. COROLOGÍA DE LAS ESPECIES

La determinación de los “corotipos” permite definir los patrones de distribución de taxones según su origen biogeográfico (Gatto & Cohn-Haft, 2021; Passalacqua, 2015). La corología define geográficamente la distribución original y natural de las especies y su historia de migración; con lo cual se puede determinar el grado de conexión de las especies en relación con las distintas regiones biogeográficas (Mânzu *et al.*, 2020; Asadova, 2019). Estudiar los patrones biogeográficos (incluyendo el origen de las especies) y gradientes ambientales, permite modelar sus nichos ecológicos y evaluar a las especies endémicas, raras, en peligro de extinción o no nativas en un contexto local o ecosistémico (Mânzu *et al.*, 2020; Asadova, 2019).

1.1.4. CAMINOS COMO CORREDORES BIOLÓGICOS

La presencia y abundancia de las especies de plantas no nativas está relacionada con las actividades antrópicas. La presencia de caminos, los cuales funcionan como corredores biológicos para facilitar la dispersión de organismos no nativos, es uno de los factores principales para la introducción de especies (Dar *et al.*, 2015; Mack *et al.*, 2007). La invasión por especies no nativas es considerada el mayor impulsor del cambio de la biodiversidad dentro de un ecosistema, amenaza que está además influenciada por la fragmentación de los ecosistemas y el cambio de uso del suelo (Dar *et al.*, 2015; Mack *et al.*, 2007).

Las carreteras proveen un adecuado hábitat para especies no nativas, y facilitan su dispersión y colonización potencial hacia nuevos hábitats. Por lo general, cuando se construyen vías se eliminan barreras físicas que antes impedían la llegada o invasión de especie, pueden desaparecer las especies nativas competidoras, y se incrementa la probabilidad de establecimiento de especies generalistas con ciclo de vida corto y altas tasas reproductivas, sobre todo en los bordes de las carreteras (Parendes & Jones, 2000). Al establecerse en estos sitios, las especies no nativas pueden propagarse hacia zonas naturales con o sin perturbación (Dar *et al.*, 2015). Por todo esto, las vías o carreteras contribuyen a la introducción de plantas exóticas hacia zonas disturbadas o fragmentadas (Dar *et al.*, 2015).

Las carreteras son sitios propicios para realizar estudios sobre patrones de distribución de especies no nativas y su potencial para invadir nuevos hábitats o ecosistemas (Dar *et al.*, 2015).

En las zonas de alta montaña de Ecuador, existen varios caminos (asfaltados, de gravilla, de tierra, de verano, senderos turísticos, entre otros) que atraviesan o intersecan con los páramos, cuya presencia incrementa el riesgo de introducción e invasión de especies no nativas.

1.2. MARCO LEGAL

1.2.1. PÁRAMOS

1.2.1.1. Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008

En el numeral 1 del Art. 3 se menciona que dentro de los deberes primordiales del Estado está “1. Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 3).

En el Art. 12 se establece que “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 12).

En el Art. 406 se establece que, “El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 406).

1.2.1.2. Código Orgánico del Ambiente de Ecuador, publicado en R.O. Suplemento 983 de 12 de abril de 2017

En el numeral 2 del Art. 5 referente al derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, se establece que “[...] 2. El manejo

sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros;” (Código Orgánico del Ambiente [CODA], 2017, Art. 5).

En el Art. 99 referente a la conservación de páramos, moretales y manglares se establece que “Será de interés público la conservación, protección y restauración de los páramos, moretales y ecosistema de manglar. Se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo, de conformidad con la ley. Las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos participarán en el cuidado de estos ecosistemas y comunicarán a la autoridad competente, cualquier violación o destrucción de los mismos.” (CODA, 2017, Art. 99).

En el Art. 100 referente a las disposiciones sobre el ecosistema páramo se establece que “Para la protección, uso sostenible y restauración del ecosistema páramo, se considerarán las características ecosistémicas de regulación hídrica, ecológica, biológica, social, cultural y económica. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, Metropolitanos o Municipales deberán establecer planes, programas y proyectos que coadyuven a la conservación de dicho ecosistema bajo los criterios de la política nacional emitida por la Autoridad Ambiental Nacional.” (CODA, 2017, Art. 100).

En el Art. 101 sobre Planes e instrumentos para el ecosistema páramo se menciona que

“La elaboración de los planes e instrumentos de manejo y conservación del ecosistema páramo se realizarán de la siguiente manera: 1.- Si son páramos intervenidos donde existen y se realizan actividades agrarias y con el fin de no afectar otras áreas de páramos aledañas, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, realizará el instrumento de manejo bajo los lineamientos emitidos por la Autoridad Ambiental Nacional; 2.- Si son páramos no intervenidos le corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales Metropolitanos o Municipales proteger y fomentar la conservación del ecosistema; y, 3. Con la participación de los actores sociales públicos y privados, así como con las comunas,

comunidades, pueblos y nacionalidades ubicadas en su entorno. Se fortalecerá la organización y asociatividad de las comunas y comunidades.” (CODA, 2017, Art. 101)

En el Art. 102 referente a los Contenidos de los planes e instrumentos se establece que “En la elaboración de los planes e instrumentos de conservación y manejo del páramo se podrán establecer y reconocer áreas voluntarias de conservación comunitaria y privada, así como zonas de amortiguamiento. Se promoverá el establecimiento de actividades productivas sostenibles, ecoturísticas, de restauración, control, vigilancia y monitoreo.” (CODA, 2017, Art. 102).

1.2.1.3. Reglamento al Código Orgánico del Ambiente de Ecuador, publicado en R.O. 507 de 12 de junio de 2019

En el Art. 261, CAPÍTULO II PÁRAMOS, se establecen que los Principios para la gestión de los páramos,

“La Autoridad Ambiental Nacional expedirá una norma técnica que defina los mecanismos para la gestión de páramos, basada en los siguientes principios:

- a) Los páramos deben ser entendidos como sistemas que integran componentes biológicos, geográficos, geológicos e hidrográficos, así como aspectos socioculturales, y deben ser incluidos en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial respectivos.
- b) Las actividades en los páramos deben desarrollarse en forma sostenible y ser compatibles con los objetivos de provisión de servicios ambientales esenciales que garanticen el mantenimiento de las poblaciones locales y la conservación de la biodiversidad.
- c) La Autoridad Ambiental Nacional promoverá el desarrollo de acciones orientadas a estimular la investigación científica, la asistencia técnica, la transferencia e intercambio tecnológico, así como el fortalecimiento, la conservación y la protección de los conocimientos ancestrales y tradicionales, como elementos fundamentales para gestión y conservación de los ecosistemas de páramos.

d) Se garantizará el derecho de las comunidades que habitan los páramos a realizar las actividades sociales, económicas, ambientales y culturales, orientadas al desarrollo propio, siempre que estas contengan criterios de sostenibilidad ambiental y social.

e) Los ecosistemas de páramo cumplen una función fundamental para el desarrollo del país y el bienestar de la población por las fuentes hídricas contenidas en ellos y la cantidad de carbono que albergan, por lo cual en aquellas áreas alteradas por actividades humanas o naturales y que se determinen como prioritarias para la conservación, la Autoridad Ambiental Nacional deberá fomentar la restauración ecológica.

f) Los planes, programas, proyectos y acciones, que se pretendan establecer por parte de las autoridades competentes en los páramos, deberán estar en correspondencia con los planes de manejo de los mismos y definir actividades que garanticen la regeneración de estos ecosistemas.” (Reglamento al Código Orgánico de Ambiente de Ecuador [RCODA], 2019, Art. 261).

1.2.2. ESPECIES INTRODUCIDAS

1.2.2.1. Normativa Internacional

1.2.2.1.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

En la meta 15.8 del Objetivo 15 referente a “Bosques, desertificación y diversidad biológica”, se planteó que “De aquí a 2020, adoptar medidas para prevenir la introducción de especies exóticas invasoras y reducir significativamente sus efectos en los ecosistemas terrestres y acuáticos y controlar o erradicar las especies prioritarias.” (Organización de las Naciones Unidas [ONU]. s.f.).

1.2.2.1.2. Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)

En su literal h del Art. 8 sobre la Conservación in situ, se establece que en la medida de lo posible y según proceda, cada parte contratante “h) Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies;” (CBD, 2016).

1.2.2.1.3. Plan Estratégico de la CDB 2011-2020

En su meta AICHI 9 se planteó que “Para 2020, se habrán identificado y priorizado las especies exóticas invasoras y vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento.” (Instituto Nacional de Biodiversidad [INABIO], 2019).

1.2.2.1.4. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

En su resolución Conf. 13.10, realizada durante la Conferencia de las Partes [COP] 14) se recomendó que “a) tengan en cuenta los problemas de las especies invasoras al redactar leyes y reglamentos nacionales sobre el comercio de especímenes vivos de animales o plantas; b) consulten con la Autoridad Administrativa del país importador propuesto, siempre que sea posible y cuando proceda, al examinar las exportaciones de especies potencialmente invasoras, a fin de determinar si existen medidas internas para reglamentar esas importaciones; y c) examinen las posibilidades de sinergia entre la CITES y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), y la oportunidad de una cooperación y colaboración adecuadas entre ambas Convenciones sobre la cuestión de la introducción de especies exóticas potencialmente invasoras” (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [CITES], 2012).

1.2.2.1.5. Plan Estratégico 2016 - 2024 de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas —la “Convención de Ramsar”—.

En su meta 4 del objetivo 1 se indica que “Se identifican y priorizan las especies exóticas invasoras, las vías de entrada y expansión, se controlan o erradican las especies exóticas invasoras prioritarias y se preparan e implementan respuestas de gestión para prevenir su introducción y establecimiento.” (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas – la “Convención de Ramsar”, 2015, Pp. 11).

1.2.2.2. NORMATIVA NACIONAL

1.2.2.2.1. Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008

En el Art. 73 se establece que “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 73).

En el Art. 395 se establece que “La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras [...]” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 395).

En el Art. 396 se establece que “El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas [...]” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 396).

En el Art. 406 se establece que “El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados, entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 396).

1.2.2.2.2. Código Orgánico del Ambiente de Ecuador, publicado en R.O. Suplemento 983 de 12 de abril de 2017

En los artículos 67, 68, 69 y 71 se establece que la introducción y manejo de especies exóticas en el territorio nacional se realizará sobre la base de un análisis de riesgo con conocimiento técnico - científico y conforme al principio de

precaución. Además, se establece que, queda prohibida la introducción de especies exóticas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), siendo excepcional su uso como control biológico previamente justificado y probado por herramientas científicas y técnicas. Establece además que, la Autoridad Ambiental Nacional se encargará de articular las acciones relacionadas con la prevención, gestión, manejo y control de especies exóticas, entre las instituciones pertinentes, además de definir los criterios y lineamientos para el control de poblaciones de especies animales que pueden afectar los ecosistemas (CODA, 2017, Arts. 67, 68, 69y 71).

1.2.2.2.3. Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015 - 2030

En el Resultado 11b del Objetivo Estratégico 2 se plantea que el “Ecuador ha desarrollado y puesto en marcha mecanismos de prevención, control, erradicación y monitoreo para especies invasoras en el Ecuador continental y que han sido priorizadas por el MAE.” (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016, Pp. 154).

1.2.2.2.4. Agenda Nacional de Investigación sobre la Biodiversidad

En la Meta 2. “Estudio de la diversidad funcional y respuesta de la biodiversidad frente a los impulsores de cambio”. “[...] Objetivo 2.5. Estudiar el impacto de las especies exóticas en la salud de los ecosistemas y biodiversidad nativa a una escala local, nacional y regional. [...]” (Instituto Nacional de Biodiversidad [INABIO], 2017, Pp. 13 y 15).

1.2.2.2.5. Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria, publicado en el Registro Oficial Suplemento 27 de 03 julio de 2017

En su Art. 22 se establece que “Para mantener y mejorar el estatus fitosanitario, la Agencia de Regulación y Control, implementará en el territorio nacional y en las zonas especiales de desarrollo económico, las siguientes medidas fitosanitarias de cumplimiento obligatorio: a) Requisitos fitosanitarios [...] y, g) Procedimientos fitosanitarios para la importación y exportación de plantas, productos vegetales y artículos reglamentados [...]” (Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria, 2017, Art. 22).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en los páramos del Ecuador, a elevaciones de 2.700 m s.n.m. en la provincia de Loja y 3.000 m s.n.m. en el resto del país. Esta distinción se realizó porque la distribución climática en cada cumbre varía en función de la elevación y la composición vegetal. La delimitación del páramo ecuatoriano se basó en la capa de Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental, descargada del mapa interactivo del MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, s.f.).

2.2. MODALIDAD O ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo tiene un enfoque mixto, es decir tanto cualitativo como cuantitativo.

2.2.1. Metodología cualitativa

Dentro del componente cualitativo se realizó una revisión bibliográfica, y recolección de información, sobre las especies no nativas que están establecidas desde los 2900 m.s.n.m. en el Ecuador. Los datos necesarios para los análisis se obtuvieron a partir de fuentes primarias, y se los agrupó en una sola base de datos, con la finalidad de facilitar su análisis; para esto se utilizó el programa Microsoft

Excel Spreadsheet Software. La base de datos general debió ser complementada con información bibliográfica respecto a la distribución de las especies, valores de las mediciones de las variables climáticas asociadas a las coordenadas, y la corología (lugar de origen) de cada especie.

2.2.2. Metodología cuantitativa

En el componente cuantitativo, y con la finalidad de definir patrones de distribución y comprobar las hipótesis, se analizaron estadísticamente los datos tabulados. Se establecieron relaciones entre la *variable dependiente*: número de especies no nativas encontradas en los registros, y las *variables independientes*: lugar de origen, subprovincias biogeográficas de los páramos ecuatorianos, forma de vida, elevación, temperatura, precipitación, tipo de camino, distancia de las especies a cada tipo de camino y presencia del espécimen dentro o fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Para esta metodología también se elaboraron mapas de distribución de las especies en relación con el tipo de camino, distancia a la que se establecen las especies desde los caminos, y presencia de especies no nativas, dentro o fuera, del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados en RStudio, con los paquetes *vegan*, *corrgram* y *ggplot2*. Adicionalmente, se utilizó el programa QGIS para elaborar los mapas de distribución de las especies.

2.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En este estudio se incluye investigación documental, descriptiva, exploratoria y explicativa. *Documental*: ya que se obtiene información de carácter científico a través de la consulta de libros, revistas, artículos científicos, páginas oficiales de universidades u organizaciones, entre otros (Hernández *et al.*, 2016). *Exploratoria*: debido a que se busca e identifica la información relevante sobre las especies no nativas que crecen en los páramos del Ecuador, y las variables que podrían influir en su establecimiento (Hernández *et al.*, 2016). *Descriptiva*: puesto que coteja datos, y en base a esto se evidencian patrones de distribución de las especies no nativas en los páramos ecuatorianos, en relación con variables independientes que influyen en su establecimiento (Hernández *et al.*, 2016). *Explicativa*: porque

evalúa y define los patrones de distribución de las especies no nativas con la ayuda de técnicas estadísticas (Hernández *et al.*, 2016).

2.4. TÉCNICAS

2.4.1. Recopilación de datos

La información utilizada para el presente estudio se obtuvo a partir de tres fuentes primarias: Global Biodiversity Information Facility —Gbif— (GBIF.org., 17 May 2022), Catalogue of the vascular plants of Ecuador (Jørgensen & León-Yáñez, 1999) y material suplementario sobre especies no nativas en altas elevaciones (Sandoya *et al.*, 2017). La compilación en una única base de datos, la limpieza de los datos e ingreso de información adicional se realizó en el programa Microsoft Excel.

Se utilizaron únicamente los registros de especies no nativas reportados sobre los 2.900 m s.n.m. La determinación como especie introducida se basó en la clasificación de la Global Register of Introduced and Invasive Species —GRIIS— (Ries & Pagad, 2020). A cada especie se le asignó la región de origen (corología) de acuerdo con la información proporcionada por: Royal Botanic Gardens, Kew, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad —CONABIO—, Herbario de la Universidad de las Islas Baleares, South African National Biodiversity Institute, Lucid matrix keys, entre otros. La forma de vida de cada especie (árbol, arbusto, hierba y subarbustos), y su ubicación en referencia al área protegida más próxima, fueron extraídas del mapa generado con la capa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Además, se definió la subprovincia biogeográfica donde se ubica cada registro de acuerdo con la localidad y de la clasificación de los páramos del Ecuador, de acuerdo con Morrone (2021).

Así mismo, de acuerdo con las coordenadas de cada espécimen, se relacionaron las variables climáticas: Annual Mean Temperature (BIO1) y Annual Precipitation (BIO12), extraídas del WorldClim database (Fick & Hijmans, 2017). Por último, la distancia desde donde se ubicó al espécimen hasta el camino más cercano se determinó mediante el programa QGIS. Utilizando el programa QGIS, se analizó la distancia desde donde se ubicó al espécimen hasta el camino más cercano.

2.5. VARIABLES

En el desarrollo de esta investigación, se estableció como *variable dependiente* al número de especies no nativas, y como *variables independientes* a: corología, subprovincias biogeográficas de los páramos ecuatorianos, forma de vida, elevación, temperatura, precipitación, tipo de camino, distancia al camino, Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Tabla 2).

Tabla 2.

Variables consideradas para realizar el análisis de los datos.

Nro.	VARIABLES	Tipo de variable	Definición	Análisis estadístico
1	Número de especies no nativas registradas	Dependiente	Especies no nativas registradas en los páramos del Ecuador, incluye localidad y coordenadas.	
2	Número de especímenes de especies no nativas registradas	Dependiente	Número de especímenes de especies no nativas registrados en los páramos del Ecuador.	
3	Corología	Independiente	Es el lugar donde se piensa se originó la especie.	Estadística descriptiva
4	Subprovincias biogeográficas de los páramos ecuatorianos	Independiente	Conforme Morrone (2021) se establecieron áreas de distribución de especies en los páramos.	Estadística descriptiva
5	Forma de vida	Independiente	Tipo de clasificación por la forma en la cual se desarrolla una planta: hierba, árbol, arbusto, subarbusto, arbolito.	Estadística descriptiva
6	Elevación	Independiente	Corresponde a la altura sobre el nivel del mar donde fue encontrado cada espécimen de cada especie.	Regresión lineal Modelo lineal generalizado
7	Temperatura	Independiente	Son los grados Celsius o centígrados que tiene cada localidad conforme sus coordenadas en una escala temporal.	Regresión lineal Modelo lineal generalizado
8	Precipitación	Independiente	Es la cantidad de lluvia que recibe cada localidad conforme sus coordenadas en una escala temporal.	Regresión lineal Modelo lineal generalizado

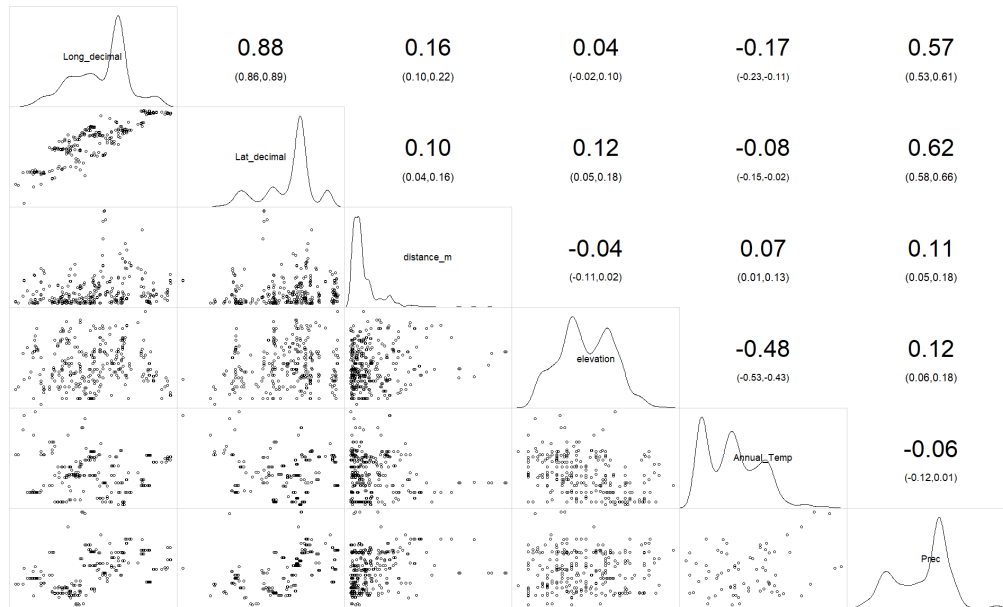
9	Tipo de camino	Independiente	Es el tipo de camino donde fue registrada la especie.	Estadística descriptiva Modelo lineal generalizado
10	Distancia al camino	Independiente	Es la distancia medida entre el camino y la planta.	Estadística descriptiva Modelo lineal generalizado
11	Sistema Nacional de Áreas Protegidas	Independiente	Son las áreas establecidas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica para la protección de la biodiversidad.	Estadística descriptiva

Nota. En esta tabla se describen las variables utilizadas dentro de la investigación, detallando el tipo de análisis estadístico realizado en relación con la variable independiente. Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas se utilizó regresiones lineales y un Modelo lineal generalizado.

Las variables independientes utilizadas en el modelo lineal generalizado fueron seleccionadas a partir de un análisis de correlación de Pearson, de acuerdo con su ortogonalidad (Figura 4). Estos análisis fueron realizados utilizando el paquete ‘corrgram’ de RStudio.

Figura 4.

Correlación entre las variables independientes calculada a través del paquete 'corrgram' en RStudio.



Nota: El coeficiente de correlación de Pearson es una medida estadística que indica el grado de relación lineal entre dos variables continuas. Este coeficiente puede tomar valores de -1 a +1, 0 indica que no hay asociación, -1 indica una correlación negativa perfecta, 0 indica la ausencia de correlación y +1 indica una correlación positiva perfecta.

2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó estadística descriptiva básica para esquematizar la relación existente entre el número de especies no nativas y las variables cualitativas predictoras: corología, subprovincias biogeográficas de los páramos ecuatorianos, forma de vida, elevación, temperatura, precipitación, tipo y distancia a los caminos, Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Se realizaron modelos lineales para describir la relación existente entre las especies no nativas en relación con las variables predictoras: precipitación, elevación, temperatura. Se realizó un modelo lineal generalizado para describir la relación entre el número de especies y las variables ambientales: temperatura, precipitación, elevación, y la interacción entre la distancia y tipo de camino. Los análisis se

realizaron en RStudio 4.1.3 (RStudio Team, 2022), con los paquetes *vegan*, *corrgram*, *car*, *aods3*, *Tidyverse*, y las gráficas se realizaron con el paquete *ggplot2*.

2.7. INSTRUMENTOS

2.7.1. Matriz de datos

La matriz de datos fue creada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel Spreadsheet Software; cada variable se colocó en una columna diferente, y cada espécimen de especie no nativa en una fila independiente. Los datos de distancias del espécimen a la vía más cercana fueron extraídos del mapa de vías nacional (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2015).

2.7.2. Software o entornos utilizados

2.7.2.1. Microsoft Excel Spreadsheet Software

Es una hoja de cálculo que forma parte de la suite de software Microsoft Office. Este programa permite realizar cálculos, gráficas, tablas dinámicas, entre otros. Es un programa que tiene costo.

2.7.2.2. RStudio

Es un entorno de desarrollo integrado que proporciona el lenguaje de programación R. Este es utilizado para realizar análisis de datos estadísticos o gráficos. Es un programa libre y de código abierto.

2.7.2.3. QGIS

Quantum GIS es un Sistema de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés), es decir fue desarrollado para crear mapas. Es un programa libre y de código abierto, y permite manejar archivos de formato vectorial, ráster y bases de datos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Datos generales

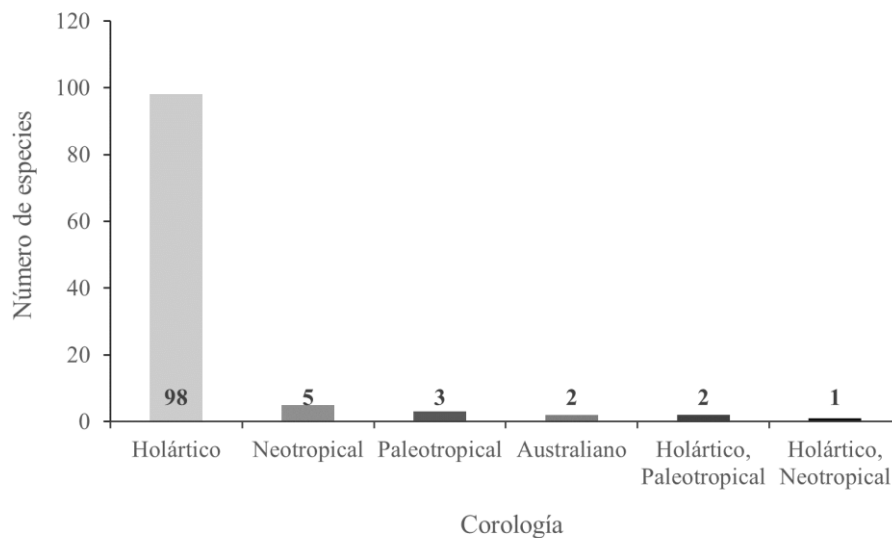
Para crear la base de datos sobre especies exóticas en altas elevaciones del Ecuador, se utilizó una combinación de fuentes primarias. Se descargaron datos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF), y el material suplementario sobre especies no nativas en altas elevaciones de Sandoya et al. (2017). Además, se consultaron otras fuentes primarias, como el Catálogo de las plantas vasculares de Ecuador (Jørgensen y León-Yáñez, 1999) y GRIIS para determinar el estado de las especies (nativo o exótico). En total, se compiló un total de 2169 registros distribuidos en los páramos ecuatorianos; de los cuales, 975 especímenes georreferenciados fueron utilizados para los análisis, y se clasificaron dentro de 111 especies, 87 géneros y 29 familias (Anexo 1). La especie con mayor número de colecciones fue *Rumex acetosella* L., con 83 individuos; seguido por *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., con 78, y por *Anthoxanthum odoratum* L., con 75 individuos. El género con mayor número de registros fue *Rumex* L., con 83; seguido por *Poa* L., con 89 individuos. La familia con mayor número de colecciones fue Poaceae, con 398 individuos distribuidos en 18 géneros; y Asteraceae, con 164 individuos distribuidos en 13 géneros.

3.1.2. Evaluación de la presencia de plantas no nativas de los páramos del Ecuador en relación con variables fisiológicas

3.1.2.1. Corología

De acuerdo con la corología de las especies no nativas evaluadas en los páramos, se encontró que el 88,3% (98 spp.) provienen de la zona holártica, es decir: Europa, África del Norte, Asia (excluyendo el sudeste) y Norte América (hasta el norte de México); el 4,2% (5 spp.) provienen del neotrópico, esto es, Centroamérica y Sudamérica; y el 2,7 % (3 spp.) proviene del paleotrópico, que corresponde al sur del desierto del Sahara, Madagascar (e islas cercanas), la India y el sudeste Asiático (Figura 5).

Figura 5.
Número de especies de acuerdo con su corología.

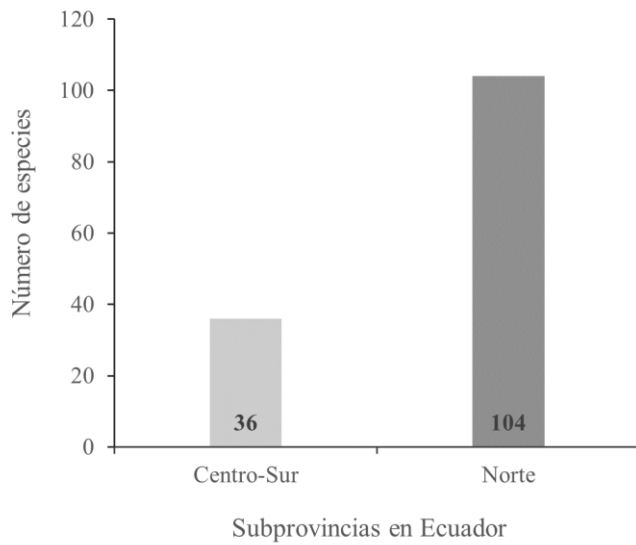


3.1.2.2. Subprovincias biogeográficas del páramo ecuatoriano

La mayor cantidad de especies fueron colectadas y registradas en la parte norte del Ecuador, es decir en la Subprovincia del Norte Ecuatoriano, donde se encontraron 104 especies (74,3%); mientras que en la Subprovincia Central-Sur Ecuatoriana se encontraron 36 especies (25,7%) (Figura 6 y Anexo 5).

Figura 6.

Número de especies encontradas por subprovincia biogeográfica de los páramos.

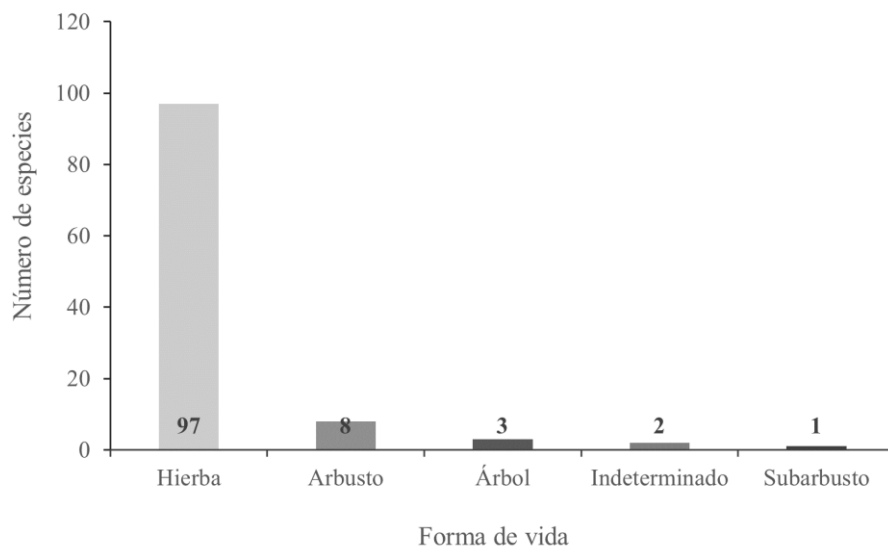


3.1.2.3. Forma de vida

Se encontró que la mayoría de las especies son hierbas (87,4%). Además, se encontraron ocho especies de arbustos (7,2%), tres especies de árboles (2,7%) y una especie de subarbusto (0,9%); y también, se encontró dos especies (1,8%) con hábito indefinido (Figura 7).

Figura 7.

Número de especies por forma de vida.



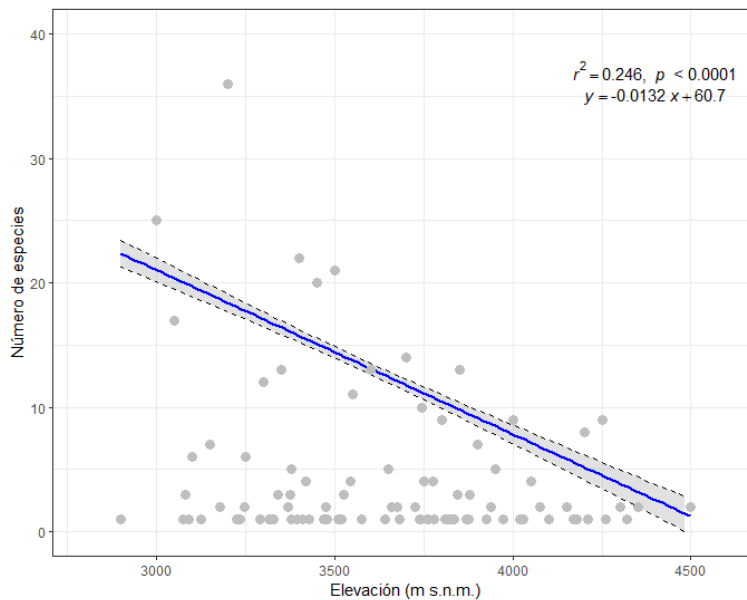
3.1.3. Determinación del número de especies no nativas distribuidas en los páramos del Ecuador valoración de la presencia de plantas no nativas de los páramos del Ecuador en relación con variables ambientales

3.1.3.1. Elevación

Se encontró una relación significativa e inversa entre el número de especies no nativas y la elevación (Figura 8), es decir, a medida que se incrementa la elevación el número de especies disminuye ($r^2 = 0.246$, $p < 0.0001$).

Figura 8

Relación entre el número de especies y la elevación.

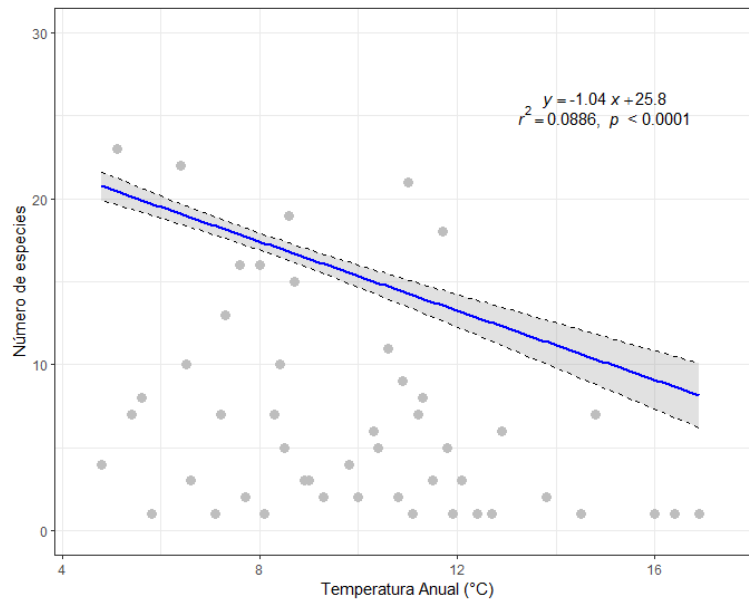


3.1.3.2. Temperatura

La temperatura muestra una relación inversa significativa con el número de especies no nativas (Figura 9); es decir, a medida que se incrementa la temperatura, el número de especies disminuye ($r^2 = 0.0886$, $p < 0.0001$).

Figura 9

Relación entre el número de especies y la temperatura anual.



3.1.4.3. Precipitación

El número de especies no nativas no está relacionado con la precipitación ($p=0.283$), y el valor bajo de r^2 (0.0012) demuestra que esta regresión explica poco o nada la variación de los datos alrededor del promedio.

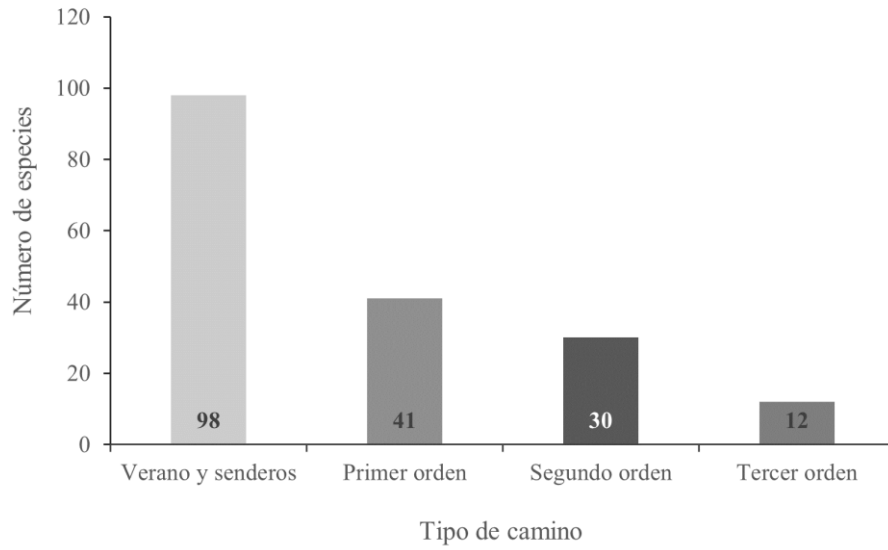
3.1.4. Relación entre la distribución de las especies no nativas con la distancia y el tipo de camino existente en los páramos del Ecuador.

3.1.4.1. Tipo de camino

La mayoría de las especies registradas (54,1%) se establecen cerca de caminos de verano y senderos, seguidos por las vías de primer orden (22,7%), segundo orden (16,6%) y tercer orden (6,6%) (Anexo 2 y Figura 10).

Figura 10.

Número de especies encontradas de acuerdo con el tipo de camino.

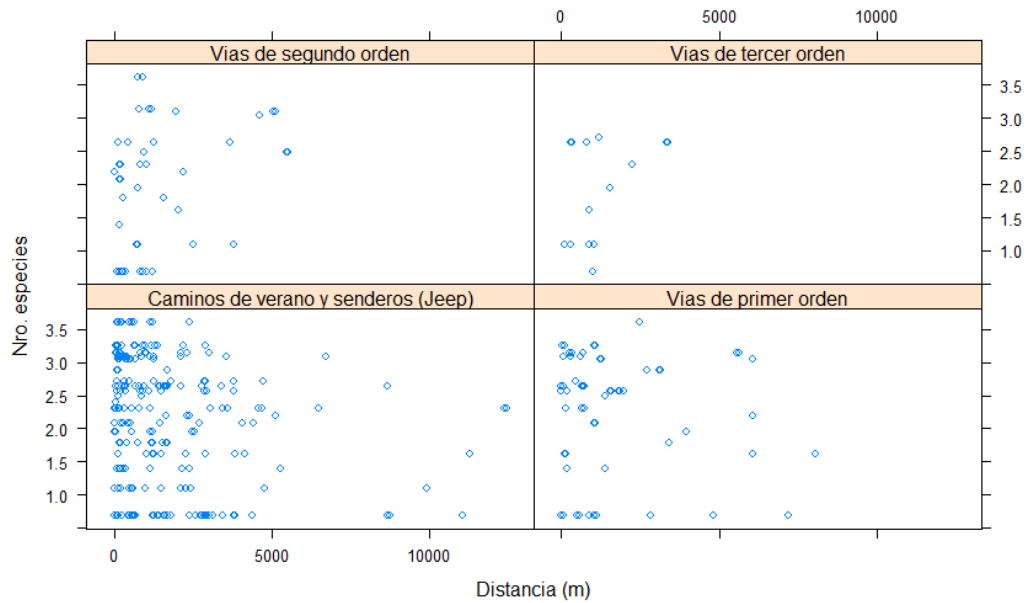


3.1.4.2. Distancia de las especies nativas a los caminos

La mayoría de las especies no nativas (54.1%) se establecieron en caminos de veranos y senderos, seguido por caminos de primer orden (22.7%) (Figura 11). Al analizar la distancia de las especies no nativas a los caminos, se encontró que la especie *Holcus lanatus* estuvo más distante del camino (12.447,7 m), mientras que *Rumex acetosella* fue la especie más cercana al camino (0,167 m), ambas especies encontradas en los caminos de verano y senderos.

Figura 11

Relación entre el número de especies y la interacción estadística del tipo de camino con la distancia desde el camino hacia la especie.



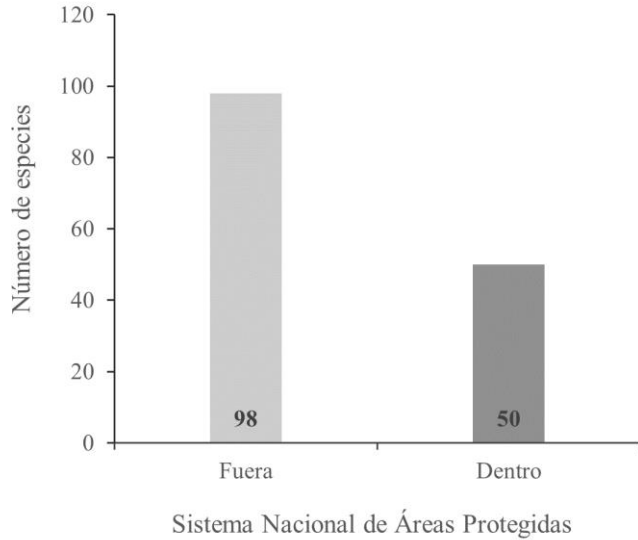
3.1.5. Análisis de la presencia o ausencia de especies no nativas de los páramos del Ecuador dentro de las Áreas Protegidas.

3.1.5.1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

Respecto a la presencia de especies no nativas en el SNAP, se encontró que 488 especímenes (50.1%) de 98 especies no nativas estuvieron fuera de las áreas del SNAP (66,2%); mientras que, 487 especímenes (49%) de 50 especies (33,8%) se encontraron distribuidos dentro de 15 áreas del SNAP (Figura 12; Anexo 3 y Anexo 4). En el Parque Nacional Antisana se encontró la mayor cantidad de especímenes, con el 41.5%, pertenecientes a 18 especies; seguido por el Parque Nacional Cayambe Coca, con el 27.5% de especímenes (18 spp.). *Poa annua* es la especie con más especímenes (11.5%) dentro del SNAP, seguido por *Taraxacum officinale* (11.1%) y *Rumex acetosella* (10.9%).

Figura 12.

Número de especies encontradas dentro y fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).



3.1.2. Modelo lineal general

3.1.2.1. Determinación del número de especies no nativas distribuidas en los páramos del Ecuador, en relación con las variables ambientales: elevación, precipitación y temperatura.

La elevación, temperatura y precipitación (variables ambientales) influyen de manera significativa e inversa al número de especies no nativas (Tabla 3 y Figura 9), es decir, a medida que se incrementa alguna de estas variables el número de especies disminuye. La interacción entre la temperatura con la elevación hace que la relación con el número de especies se vuelva positiva, es decir a mayor elevación y temperatura habrá un mayor número de especies. De igual forma sucede con la interacción entre la precipitación y la elevación.

3.1.2.2. Relación entre la distribución de las especies no nativas con la distancia y el tipo de camino existente en los páramos del Ecuador.

En cuanto a las variables antrópicas, se encontró que el tipo de camino muestra una relación significativa y positiva con el número de especies no nativas (Tabla 3 y Figura 9). La distancia de las especies no nativas con respecto al camino muestra una relación significativa e inversa (Tabla 3 y Figura 9), es decir a mayor distancia se encontrará menos especies no nativas. La interacción entre la distancia del camino y el tipo de camino no define el número de especies no nativas presentes.

Tabla 3.

Resumen estadístico del modelo lineal general entre el número de especies y las variables independientes. Resultados significativos en negrillas ($P < 0,05^$; $P < 0,01^{**}$; $P < 0,001^{***}$).*

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercepto)	1.56e+01	1.25e+00	12.522	<2e-16***
Elevación	-3.56e-03	3.60e-04	-9.88	<2e-16***
Temperatura Anual	-3.98e-01	8.58e-02	-4.633	4.11e-06***
Precipitación	-4.81e-03	9.53e-04	-5.045	5.42e-07***
Tipo de vía: Vías de primer orden	9.00e-02	5.14e-02	1.752	0.080.
Tipo de vía: Vías de segundo orden	-4.24e-01	1.02e-01	-4.154	3.55e-05***
Tipo de vía: Vías de tercer orden	-1.35e+00	2.41e-01	-5.605	2.72e-08***
Distancia del camino (m)	-1.13e-04	1.70e-05	-6.611	6.32e-11***
Elevación*Temperatura Anual	9.93e-05	2.45e-05	4.047	5.60e-05***
Elevación*Precipitación	1.37e-06	2.80e-07	4.911	1.07e-06***
Tipo de vía de primer orden*distancia	2.66e-05	3.00e-05	0.888	0.375
Tipo de vía de segundo orden*distancia	1.95e-04	4.60e-05	4.243	2.42e-05***
Tipo de vía de tercer orden*distancia	5.76e-04	1.36e-04	4.232	2.54e-05***

Nota: Se incluyó variables ambientales y variables antrópicas.

3.2. DISCUSIÓN

El presente estudio muestra una fuerte relación inversa de las variables ambientales con el número de especies no nativas en los páramos ecuatorianos, principalmente con respecto a la elevación y la temperatura. Así también, la sinergia entre la elevación y la precipitación incrementa o disminuye la presencia de las especies no nativas en altas elevaciones. Por su parte, las variables antrópicas muestran una

fuerte relación con la distribución de las especies no nativas, fundamentalmente con el tipo de camino y la distancia de la ubicación de las especies a los caminos, siendo los caminos de verano y senderos, los sitios que contienen mayor número de especies no nativas.

VARIABLES fisiológicas como forma de vida y origen biogeográfico también evidenciaron una clara influencia en la distribución de plantas no nativas, cuyas preadaptaciones les podrían permitir tener éxito en su establecimiento en zonas de alta montaña.

3.2.1. Corología

El 88% de las especies no nativas registradas en los páramos provienen de zonas holárticas. Estos resultados concuerdan con estudios realizados en regiones montañosas de las Isla de Hawái, Montañas Great Smoky, Parque nacional de Yellowstone (Estados Unidos), Reserva Nacional Malalcahuello (Chile), Parque Nacional Kosciuszko (Australia), Paso de Arthur (Nueva Zelanda), donde se muestra que la mayoría de las especies no nativas son de origen euroasiático y están vinculadas históricamente con la tradición europea de pastoreo y agricultura establecida por los colonos en sus nuevas áreas de establecimiento (Sandoya *et al.*, 2017; Kueffer *et al.*, 2013; McDougall *et al.*, 2011).

La migración europea introdujo sea accidental o intencionalmente una gran cantidad de plantas a América y Oceanía, la mayor parte son plantas de corta duración, capaces de colonizar suelos desnudos, capturar agua, nutrientes y luz (Mack y Lonsdale, 2001). Las especies de regiones holárticas están expuestas a las cuatro estaciones del año, con climas extremos durante el invierno y verano; esta variación climática extrema se asemeja a los páramos, en los cuales se pueden encontrar frío extremo y calor intenso en un mismo día (Morrone, 2015; Mena y Balslev, 1986), condiciones que podrían promover el establecimiento de las especies no nativas en regiones de altas elevaciones. La preadaptación climática de las especies no nativas es considerada uno de los principales factores que pueden impulsar su invasión hacia nuevos hábitats (Haider *et al.*, 2010; Pauchard *et al.*, 2009). Las especies no nativas que son capaces de tolerar o adaptarse a las

condiciones ambientales locales, tienen una mayor probabilidad de establecerse y proliferar en un nuevo lugar (Pauchard *et al.*, 2009; Theoharides y Dukes, 2007).

3.2.2. Subprovincias biogeográficas del páramo ecuatoriano

La mayoría de las especies no nativas fueron registradas en la subprovincia norte ecuatoriana; mientras que en la subprovincia biogeográfica centro-sur se encontró un menor número de especies exóticas. Esta distribución puede deberse a varios factores: puede estar relacionado con un sesgo de información generado en la base de datos global utilizada, la cual compila información de varios proyectos que utilizan metodologías y objetivos diferentes en cada estudio; podría también deberse a que la subprovincia norte del Ecuador ocupa una mayor superficie de páramo, según imágenes satelitales, aproximadamente el 60% más que la subprovincia del centro y sur del Ecuador (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, s.f.). También, se ha identificado que dentro de la subprovincia norte existe un incremento de: superficie para producción pecuaria, densidad poblacional humana, y construcción de carreteras que comunican diferentes localidades; sobre todo en las provincias desde Imbabura hasta Azuay (Mena Vásconez, 2009).

3.2.3. Forma de vida

La evaluación de los registros muestra que la mayor proporción de especies no nativas presentan hábito herbáceo (87%). Las hierbas es una forma de vida que podría facilitar el exitoso establecimiento de las especies que la poseen, ya que tienen un ciclo de vida corto (anuales o bienales), altas densidades poblacionales, semillas pequeñas y en gran número (Ni *et al.* 2021; Ricklefs *et al.*, 2008). La llegada de las especies exóticas herbáceas a nuevos sitios incrementa el éxito de su establecimiento y potencial invasión, en comparación con otras formas de vida. (Ni *et al.* 2021; Ricklefs *et al.*, 2008). En los páramos, las condiciones climáticas promueven la existencia de hierbas nativas, como pajonales y almohadillas que dominan en la región (León-Yáñez, 2011); por lo tanto, existe mayor probabilidad de que especies no nativas herbáceas se establezcan en altas elevaciones.

Las especies herbáceas *Rumex acetosella*, *Taraxacum officinale* y *Anthoxanthum odoratum* fueron las más abundantes según los registros evaluados. En estudios a nivel mundial, se han encontrado que *R. acetosella*, y ciertas especies de *Taraxacum* son frecuentes en zonas alpinas, y están asociadas con la presencia de ganado, zonas agrícolas o turísticas, y bordes de carretera; por tal motivo, estas especies son comunes en más de la mitad de las regiones del mundo (Pizarro *et al.*, 2023; Morgan y Carnegie, 2009); y, son consideradas especies invasoras por su alta capacidad de dispersión. *R. acetosella* produce gran cantidad de semillas, que caen por su propio peso, formando bancos de semilla que pueden ser dispersados por el agua, también presenta crecimiento vegetativo a partir de rizomas subterráneos que facilitan su dispersión. Las especies de *Taraxacum* se dispersan por el viento, ya que sus semillas son pequeñas, ligeras, y con papus (estructura que facilita su dispersión) (Magnússon *et al.*, 2022; Pickering y Hill, 2007). Mientras que, *Anthoxanthum odoratum* ha sido encontrada en zonas alpinas con poca vegetación (Flegrová y Krahulec, 1999), y aunque se encontraron varios registros en los páramos, esta especie tiene una capacidad limitada de reproducción, solo lo realiza por semillas, convirtiéndose en una especie poco invasora (Flegrová y Krahulec, 1999).

3.2.4. Elevación

En este estudio se encontró una relación inversa entre el número de especies registradas y la elevación. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede aceptar la hipótesis planteada, es decir, la distribución de las especies no nativas en los páramos está definida por la elevación. Las condiciones climáticas asociadas con la elevación pueden constituir una barrera significativa que impide que las especies no nativas se expandan hacia altas elevaciones (Pauchard *et al.*, 2009). El patrón de disminución de la biodiversidad, que es similar en plantas nativas, es explicado por la existencia de un conjunto de factores que varían con la elevación, como la temperatura y presión atmosférica, las cuales disminuyen a medida que aumenta la elevación, influyendo en el decrecimiento de la biodiversidad (Iseli *et al.*, 2023; Seipel *et al.*, 2016; Alexander *et al.*, 2011; Körner 2007).

Se ha determinado que la mayoría de las especies exóticas establecidas en zonas altas de las montañas, fueron introducidas primero en tierras bajas, donde las

actividades agropecuarias fueron más intensas (McDougall *et al.* 2011). Algunas de estas especies se dispersaron hacia altas elevaciones, lo cual estuvo acompañado de un proceso de filtrado ecológico, permitiendo comprender la gran amplitud ecológica o una gran tolerancia climática de estas especies foráneas (Kueffer *et al.*, 2013; Alexander *et al.* 2011). A pesar de esta preadaptación y flexibilidad a la variabilidad climática, la elevación y sus factores asociados podrían estar ralentizando la expansión de las especies no nativas hacia zonas más altas de montaña.

3.2.5. Temperatura

Los análisis muestran que la riqueza de especies no nativas en los páramos tiene una relación inversa con la temperatura. Esta información permite aceptar la hipótesis planteada, en otras palabras, las especies no nativas en páramos son más diversas en lugares con mayor temperatura. Varios estudios han demostrado que las bajas temperaturas de las altas elevaciones, incluyendo heladas nocturnas severas y recurrentes a lo largo del año, suelen limitar el crecimiento y distribución de las plantas nativas porque se incrementa la probabilidad de mortalidad o reproducción fallida (Seipel *et al.*, 2016; Halbritter *et al.*, 2013); debido a esto, las especies nativas presentan adaptaciones ecofisiológicas que permiten su permanencias, como: hierbas erectas de baja estatura, presencia de tricomas, lento crecimiento y resistencia a la congelación (Iseli *et al.*, 2023; Halbritter *et al.*, 2013; Alexander *et al.* 2011; León-Yáñez, 2011).

De igual forma, para las especies no nativas la temperatura puede estar constituyendo un filtro que limita su distribución, no obstante, estas especies podrían presentar preadaptaciones para climas fríos debido a su procedencia y establecerse en altas elevaciones. Es por esto por lo que en este estudio se ha encontrado, mayor número de especies exóticas provenientes de zonas holárticas (expuestas a climas extremos durante el invierno y verano) y de hábito herbáceo (Barros *et al.*, 2023; Morrone, 2015).

3.2.6. Precipitación

El modelo general lineal muestra que el número de especies no nativas en los páramos tiene una relación negativa con la precipitación. Con base en esta información se rechaza la hipótesis planteada. Estos datos no concuerdan con lo esperado, ya que a mayor precipitación mayor será la biodiversidad existente dentro de áreas silvestres (Fine, 2015).

Generalmente, los páramos ecuatorianos son húmedos durante la mayor parte del año, siendo la precipitación frecuente y de baja intensidad; aunque existe una alta variabilidad de humedad temporal y espacial, debido a las condiciones topográficas y de viento de cada zona (Hofstede *et al.*, 2014; Camacho, 2013; Buytaert *et al.*, 2010). Los páramos se vuelven más secos hacia el sur de Ecuador (subprovincia centro-sur) por la influencia de la corriente de Humboldt que trae consigo masas de aire más secas (Camacho, 2013; Buytaert *et al.*, 2010).

A pesar de la alta humedad en los páramos, la relación entre la riqueza de especies y la disponibilidad de agua es más complicada, ya que se debe considerar factores bióticos (adaptaciones ecofisiológicas y asociaciones) que influyen en la capacidad para utilizar el agua (Peyre *et al.*, 2019). Cabe recalcar que existe una interacción compleja de factores abióticos que influyen en esta disponibilidad como, escorrentía, tipo de precipitaciones (horizontal, vertical; lluvia, hielo o nieve), temperatura, número de heladas al año, ubicación, topografía, influencia de masa de aire, estacionalidad, evapotranspiración, entre otros (Peyre *et al.*, 2019; McCain, 2007; Díaz-Granados Ortiz *et al.*, 2005; Herrmann, 1970; Lauer, 1979).

3.2.7. Tipo de camino y distancia al camino

Se encontró que las vías de segundo, tercer orden y caminos de veranos y senderos están estrechamente relacionadas con el número de especies registradas; al mismo tiempo, la mayor riqueza de especies no nativas estuvo cerca de las carreteras. De acuerdo con estos resultados, se aceptan las hipótesis planteadas, es decir, el establecimiento de especies no nativas en los páramos está determinado por el tipo de camino y la distribución de estas especies está definida por la cercanía al camino. Los caminos son utilizados para conectar los centros poblados y mantienen una

estrecha relación entre estos y el uso del suelo, ya que los caminos son utilizados para el transporte de productos (Sandoya *et al.*, 2017; Seiler, 2001).

En Ecuador, las vías de segundo orden son caminos carrozables que conectan las cabeceras urbanas parroquiales; mientras que las vías de tercer orden corresponden a caminos carrozables de acceso o servicio local (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Ventura, s.f.). Estos tipos de caminos son utilizados por agricultores y ganaderos para transportar sus productos a zonas urbanas, por lo general de zonas bajas hacia tierras más altas; por esta razón son importantes fuentes de propágulos de especies no nativas (Astudillo *et al.*, 2014). Asimismo, los bordes de las vías son sitios permanentemente perturbados y favorecen el establecimiento de especies generalistas y exóticas con óptima capacidad competitiva, disminuyendo la barrera contra las invasiones biológicas (Astudillo *et al.*, 2014; Seipel *et al.*, 2012; Parendes y Jones, 2000; Pauchard *et al.*, 2009).

Los caminos de verano y senderos actúan como corredores biológicos para la potencial introducción y dispersión de las especies no nativas, debido al uso que tienen por parte de turistas, agricultores, vehículos y animales domésticos (Barros *et al.*, 2023; Dar *et al.*, 2015). Actividades agropecuarias y de turismo, desarrolladas en altas elevaciones, podrían ser los promotores de la distribución de especies exóticas en los páramos. (Barros *et al.*, 2023; Pizarro *et al.*, 2023; Morgan y Carnegie, 2009). Varios estudios han demostrado que la perturbación, producto de actividades recreativas, incrementa las oportunidades para el establecimiento de las especies no nativas (Theoharides y Dukes, 2007); sobre todo de aquellas especies que presentan capacidad de preadaptación, o que tienen un tipo de dispersión y forma de vida favorable para el nuevo hábitat que están colonizando (Sklenář *et al.*, 2011; Morrone, 2002).

En cuanto a la riqueza de las especies no nativas y la distancia al camino, existen estudios que muestran un patrón similar al encontrado, es decir una menor riqueza de especies exóticas lejos de los bordes de las carreteras (Seipel *et al.*, 2012; Arteaga *et al.* 2009; Pauchard y Alaback, 2004). Entre las causas que pueden estar influenciando este patrón está la gran cantidad de disturbios por el tráfico vehicular y la constante remoción de vegetación por mantenimiento del borde de las carreteras. En este sentido, los disturbios podrían disminuir a medida que se

incrementa la distancia a los caminos, provocando una disminución de especies no nativas y un probable incremento de la vegetación nativa (Sandoya *et al.*, 2017; Seipel *et al.*, 2012; Arteaga *et al.* 2009).

3.2.8. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

En el presente estudio, se encontró similar número de registros de especies no nativas, dentro (487 especímenes) y fuera del SNAP (488 especímenes). Sin embargo, el número de especies exóticas fue mayor fuera de las áreas protegidas (98 spp.). Estos resultados concuerdan con lo esperado, ya que las áreas protegidas tienen como fin proteger, conservar y gestionar la biodiversidad nativa, servicios ecosistémicos y valores culturales asociados (Urrutia-Estrada *et al.*, 2023). Estas áreas constituyen el pilar fundamental para la conservación de la biodiversidad (Bruner *et al.*, 2001). Por esta razón y por el uso de la tierra que existe fuera del SNAP, se creería que la mayor cantidad de especies exóticas en los páramos están fuera del SNAP. El avance de la frontera agrícola hacia las tierras altas y el establecimiento de poblaciones en estas zonas ha cambiado el paisaje paramuno (Mena Vásquez, 2009); una de las consecuencias de estas actividades es la introducción de una amplia variedad de especies vegetales y animales en los páramos (Pauchard y Alaback, 2004).

Aunque se encontró menor diversidad de especies introducidas en el interior del SNAP (50 spp.), mantener sin riesgo la diversidad nativa dentro de las áreas protegidas podría estar comprometido por el ser humano y sus actividades (Gallardo *et al.* 2017). Los resultados de este estudio podrían evidenciar situaciones que se deben considerar al momento de establecer y gestionar un área protegida. A pesar de que el 40 % de los páramos están dentro del Nacional de Áreas Protegidas (Carrillo-Rojas *et al.*, 2019; Hofstede *et al.*, 2014; Cuesta y De Bièvre, 2008), existen carreteras que atraviesan sus prístinas áreas, de interés turístico. Los caminos constituyen la principal vía para la introducción de especies no nativas en áreas protegidas (Pauchard y Alaback, 2004).

Las actividades recreativas y de turismo que se realizan dentro de los páramos, constituyen un vector indirecto de dispersión de las especies no nativas (Pizarro *et al.*, 2023, Septiadi, 2018; Zuhri y Mutaqien, 2013; Charles y Dukes, 2007). Los

senderos utilizados tienen el potencial de dispersar aún más las especies no nativas, ya que al ser la vegetación en los páramos baja, puede facilitar el desvío de los turistas de los senderos provocando nuevos disturbios, y la vegetación natural adyacente puede ser perturbada en cualquier dirección (Barros *et al.*, 2023; Pyšek *et al.*, 2020).

3.2.9. Discusión General

La presente investigación utilizó bases de datos globales que podrían contener información poco detallada de ciertas localidades en regiones de páramo en Ecuador. Muchas veces, esto podría estar relacionado con las condiciones ambientales drásticas que existen en los páramos, lo cual impide realizar estudios minuciosos en estas regiones. En este estudio se muestra que a 3000 m s.n.m. se encuentra el 22.5% de especies, decreciendo el número de colecciones conforme incrementa la elevación, llegando a registrarse una sola especie a 3225 m s.n.m. Por esta razón, sería importante desarrollar estudios en regiones de altas elevaciones, que analicen la estructura y composición vegetal en general, considerando especies nativas e introducidas, y variables ambientales que permitan explicar la dispersión, establecimiento y expansión de las especies en los páramos, para conocer el estado de conservación en el que se encuentran estas regiones.

Finalmente, la información generada en el presente estudio puede ser utilizada como base para elaborar planes de manejo y protección de los páramos, y de sus recursos ecosistémicos; no obstante, es necesario considerar que no se puede generalizar los patrones encontrados, ya que los páramos son diversos y albergan una gran cantidad de hábitats y microhábitats que pueden influir en el establecimiento de las especies no nativas y en sus patrones locales de distribución.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La determinación de los patrones de distribución de las especies vegetales no nativas en los páramos del Ecuador está relacionada con una compleja interacción entre factores fisiológicos, propios de cada especie, factores ambientales y antrópicos. Las características fisiológicas de las especies vegetales no nativas benefician su establecimiento en los páramos. La mayor parte de las especies exóticas son hierbas, una forma de vida común en los páramos, lo cual permite que estas puedan competir con las especies nativas adaptadas a estas áreas. Asimismo, la mayor cantidad de especies provienen de zonas templadas, es decir tienen una preadaptación a los climas extremos que se presentan en los páramos. Las preadaptaciones que tiene cada especie, como tipo de hábito y origen biogeográfico, ejercen un papel importante para el establecimiento e incremento en su rango de distribución.
- La distribución de las especies de plantas no nativas en los páramos del Ecuador está influenciada de manera inversa con la elevación, temperatura y precipitación. Se encontró que la elevación constituye un fuerte filtro ambiental. Mientras que la interacción con otras variables ambientales como temperatura y precipitación puede promover el establecimiento de plantas exóticas en zonas más altas, en condiciones relativamente cálidas y con poca precipitación.
- Los caminos existentes en los páramos constituyen un factor relevante para la presencia o ausencia de las especies no nativas. La distribución de estas especies está influenciada de manera directa con el tipo de camino y de manera inversa con la distancia al borde de estos. Los caminos de verano y senderos utilizados principalmente para el turismo y agricultura son los principales promotores de la dispersión de las especies exóticas hacia zonas menos disturbadas o dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

RECOMENDACIONES

- Es necesario profundizar en estudios sobre la composición y estructura vegetal en los páramos ecuatorianos, por esto se recomienda a la academia e investigadores evaluar tanto la vegetación nativa como la introducida.
- Resulta de gran importancia evaluar el grado de invasividad que pueden presentar las especies no nativas en las comunidades de los páramos en general. Por esta razón, se recomienda a la academia e investigadores proponer proyectos que analicen el establecimiento de especies no nativas, en relación con el área de superficie de sitios perturbados, en especial de caminos existentes en áreas silvestres.
- Resulta indispensable determinar el impacto de la distribución de las especies no nativas en la biodiversidad nativa con respecto al cambio climático. En este sentido, se recomienda a la academia e investigadores desarrollar modelos de distribución actual y futura de las especies no nativas, en relación con características bióticas y abióticas, permitirán establecer políticas de control de la expansión de especies exóticas en los páramos del Ecuador.
- Se recomienda a la academia, instituciones públicas (INABIO y MAATE) e investigadores permitir el acceso a la información para realizar evaluaciones sobre la diversidad vegetal en los páramos, y establecer lineamientos para su conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada, M., & Faúndez, L. (2009). Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero.
- Aizen, M. A., Morales, C. L., & Morales, J. M. (2008). Invasive mutualists erode native pollination webs. *Plos Biology*, 6, 396-403. <https://journals.plos.org/plosbiology/article/file?id=10.1371/journal.pbio.0060031&type=printable>
- Alexander, J. M., Kueffer, C., Daehler, C. C., Edwards, P. J., Pauchard, A., Seipel, T., ... & Walsh, N. (2011). Assembly of nonnative floras along elevational gradients explained by directional ecological filtering. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(2), 656-661.
- Araújo, M. B., & Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of biogeography*, 33(10), 1677-1688.
- Arteaga, M. A., Delgado, J. D., Otto, R., Fernández-Palacios, J. M., & Arévalo, J. R. (2009). How do alien plants distribute along roads on oceanic islands? A case study in Tenerife, Canary Islands. *Biological Invasions*, 11, 1071-1086.
- Asadova, K. (2019). Chorological structure of the flora of Mil steppe. *Journal of Baku Engineering University. Chemistry and biology*, 3(2), 149-153. http://62.171.170.61/media/media/files/Kimya_2019_2_SON_oby7VNi.pdf#page=67
- Astudillo, P. X., Samaniego, G. M., Machado, P. J., Aguilar, J. M., Tinoco, B. A., Graham, C. H., Latta, S. C. and Farwig, N. (2014). The impact of roads on the avifauna of páramo grasslands in Cajas National Park, Ecuador. *Studies on neotropical fauna and environment*, 49(3), 204-212.
- Baby, P., Rivadeneira, M., Barragán, R., & Christophoul, F. (2013). Thick-skinned tectonics in the Oriente foreland basin of Ecuador. *Geological Society, London, Special Publications*, 377(1), 59-76. doi: 10.1144/SP377.1
- Barros, A., Haider, S., Müllerová, J., Alexander, J. M., Alvarez, M. A., Aschero, V., ... & Lembrechts, J. J. (2023). The Role of Roads and Trails for Facilitating

- Mountain Plant Invasions. En *Tourism, Recreation and Biological Invasions* (pp. 14-26). GB: CABI.
- Billings, W. D. (2019). High mountain ecosystems: Evolution, Structure, Operation and Maintenance. En *High altitude geocology* (pp. 97-125). Routledge.
- Bjarnason, A., Katsanevakis, S., Galanidis, A., Vogiatzakis, I. N., & Moustakas, A. (2017). Evaluating Hypotheses of Plant Species Invasions on Mediterranean Islands: Inverse Patterns between Alien and Endemic Species. *Front. Ecol. Evol.*, 5(91), <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2017.00091/full>
- Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., Wilson, J.R., & Richardson, D.M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology & evolution*, 26(7), 333-339.
- Bosman, A. F., van der Molen, P. C., Young, R., & Cleef, A. M. (1993). Ecology of a paramo cushion mire. *Journal of Vegetation Science*, 4, 633-640. <https://doi.org/10.1177/095968369400400302>
- Boschman, L. M. (2021). Andean mountain building since the Late Cretaceous: A paleoelevation reconstruction. *Earth-Science Reviews*, 220, 1-40. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0012825221001409?token=B4FB78C981DD7564574EC7868F5F0AFD3886FB0A373FB2603922B5C0FBC5AB5ACAF5C25376C0B86AF19145F6D97EE553&originRegion=us-east-1&originCreation=20220715035913>
- Bremer, L., Farley, K., Chadwick, O., & Harden, C. (2016). Changes in carbon storage with land management promoted by payment for ecosystem services. *Environmental Conservation*, 43(4), 397-406.
- Bruner, A., Gullison, R., Rice, R., Da Fonseca, G. (2001). Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 291, 125-128.
- Buytaert, W., Vuille, M., Dewulf, A., Urrutia, R., Karmalkar, A., & Célleri, R. (2010). Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(7), 1247-1258.

- Camacho, F., & Peyre, G. (2022). Red List and Vulnerability Assessment of the Páramo Vascular Flora in the Nevados Natural National Park (Colombia). *Tropical Conservation Science*, 15, 19400829221086958.
- Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *ANALES de la Universidad Central del Ecuador*, 372, 77-92.
- Carrillo-Rojas, G., Silva, B., Rollenbeck, R., Célleri, R., & Bendix, J. (2019). The breathing of the Andean highlands: Net ecosystem exchange and evapotranspiration over the páramo of southern Ecuador. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265, 30-47.
- Castaño-Uribe, C, Franco, L., & Rey, C. (2004). Colombia. En: R. Hofstede, P. Mena, P. Segarra (Eds.) (39-85). Los páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC- IUCN/EcoCiencia. Quito.
- CBD. (13 de mayo de 2016). Texto del Convenio sobre la Diversidad Biológica. <https://www.cbd.int/convention/text/>
- Ceccarelli, F. S., Ojanguren-Affilastro, A. A., Ramírez, M. J., Ochoa, J. A., Mattoni, C. I., & Prendini, L. (2016). Andean uplift drives diversification of the bothriurid scorpion genus *Brachistosternus*. *Journal of Biogeography* 43, 1942-1954.
- Cleef, A. M. (1978). Characteristics of Neotropical páramo vegetation and its subantarctic relations. En C. Troll y W. Lauer (Eds.). *Geocological relations between the southern temperate zone and the tropical mountains* (pp. 65-390). *Erdwiss. Forsch* (11). Wiesbaden.
- Charles, H., & Dukes, J. S. (2007). Impacts of invasive species on ecosystem services. *Ecology Study*, 7(193), 217-237.
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas – la “Convención de Ramsar”. (2015). El Cuarto Plan Estratégico para 2016 - 2024. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/4th_strategic_plan_2016_2024_s.pdf

- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [CITES]. (2012). Conf. 13.10. Comercio de especies exóticas invasoras. <https://cites.org/sites/default/files/esp/res/all/13/S13-10.pdf>
- Correa, A., Ochoa-Tocachi, B. F., Birkel, C., Ochoa-Sánchez, A., Zogheib, C., Tovar, C., & Buytaert, W. (2020). A concerted research effort to advance the hydrological understanding of tropical páramos. *Hydrological Processes*, 34(24), 4609-4627.
- Crooks, J. A. (2002). Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. *Oikos*, 97, 153-166
- Cuesta, C. F., & De Bievre, B. (2008). Páramo or northern Andes (Venezuela, Colombia, Ecuador, northern Perú). En *Temperate grasslands of South America. The world temperate grasslands conservation initiative workshop. Hohhot (China)* (pp. 3-11).
- Dar, P. A., Reshi, Z. A., & Shah, M. A. (2015). Roads act as corridors for the spread of alien plant species in the mountainous regions: A case study of Kashmir Valley, India. *Tropical Ecology*, 56(2), 49-56. http://216.10.241.130/pdf/open/PDF_56_2/4%20Dar.pdf
- Dennis, R. L. H., & Thomas, C. D. (2000). Bias in butterfly distribution maps: the influence of hot spots and recorder's home range. *Journal of Insect Conservation*, 4(2), 73-77. https://www.researchgate.net/publication/257819039_Bias_in_Butterfly_Distribution_Maps_The_Influence_of_Hot_Spots_and_Recorder's_Home_Range
- Díaz-Acevedo, C. J., Romero-Alarcón, L. V., & Miranda-Esquivel, D. R. (2020). Páramos neotropicales como unidades biogeográficas. *Revista de Biología Tropical*, 68, 503-516. <https://doi.org/10.15517/RBT.V68I2.38347>
- Díaz-Granados Ortiz, M. A., Navarrete González, J. D., & Suárez López, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*, (22), 64-75
- Drake, J. M., & Lodge, D. M. (2004). Global hot spots of biological invasions: evaluating options for ballast-water management. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1539), 575-580.

- Dwight, B. W. (1979). 6. High Mountain ecosystems: Evolution, Structure, Operation and Maintenance. En P. J. Webber (Ed.), *High Altitude Geocology* (1st ed., pp. 97-125). Routledge.
- Ecuador. Asamblea Nacional Constituyente. (2019). Reglamento al Código Orgánico de Ambiente de Ecuador, RCODA. Registro Oficial 507. <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Ecuador. Asamblea Nacional Constituyente. (2017). Código Orgánico del Ambiente, CODA. Registro Oficial Suplemento 983. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Ecuador. Asamblea Nacional Constituyente. (2017). Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria. Registro Oficial Suplemento 27. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley%20Org%20C3%A1nica%20de%20Sanidad%20Agropecuaria.pdf
- Ecuador. Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37 (12), 4302-4315.
- Fine, P. V. (2015). Ecological and evolutionary drivers of geographic variation in species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 369-392.
- Flegrová, M., & Krahulec, F. (1999). *Anthoxanthum odoratum* and *A. alpinum*: life history parameters at two different altitudes. *Folia Geobotanica*, 34, 19-31.
- Frost, J. (12 de junio de 2014). How to Interpret a Regression Model with Low R-squared and Low P values. *Minitab Blog Editor*. <https://blog.minitab.com/en/adventures-in-statistics-2/how-to-interpret-a-regression-model-with-low-r-squared-and-low-p-values>

- Gallardo, B., Aldridge, D. C., González-Moreno, P., Pergl, J., Pizarro, M., Pyšek, P., Thuiller, W., Yesson, C., Vilà, M. (2017) Protected areas offer refuge from invasive species spreading under climate change. *Global Change Biology*, 23, 5331–5343
- GBIF.org. (17 de mayo de 2022). GBIF Ocurrence. <https://www.gbif.org/citation-guidelines#occDataDownload>
- Gioria, M., & Osborne, B. A. (2014). Resource competition in plant invasions: emerging patterns and research needs. *Frontiers in Plant Science*, 5(501), 1-21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4179379/pdf/fpls-05-00501.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Ventura. (s.f.). Vialidad y transporte. <http://www.ventura.gob.ec/index.php/ct-menu-item-11/ct-menu-item-25>
- Gatto, C. A. F. R., Cohn-Haft, M. (2021). Spatial Congruence Analysis (SCAN): A method for detecting biogeographical patterns based on species range congruences. *PLOS ONE*, 16(5), e0245818, 1-19. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0245818>
- Grace-Martin, K. (2012). Can a regression model with a small R-squared be useful. *The Analysis Factor*.
- Guo, L.-Y., Nizamani, M. M., Harris, A. J., Lin, Q.-W., Balfour, K., Da, L.-J., Qureshi, S., Wang, H.-F. (2022). Socio-Ecological Effects on the Patterns of Non-native Plant Distributions on Hainan Island. *Front. Ecol. Evol.*, 10(838591), 1-18. doi: 10.3389/fevo.2022.838591
- Haider, S., Alexander, J., Dietz, H., Trepl, L., Edwards, P. J., Kueffer, C. (2010). The role of bioclimatic origin, residence time and habitat context in shaping non-native plant distributions along an altitudinal gradient. *Biological Invasions*, 12, 4003-4018.
- Halbritter, A. H., Alexander, J. M., Edwards, P. J., Billeter, R. (2013). How comparable are species distributions along elevational and latitudinal climate gradients? *Global Ecology and Biogeography*, 22(11), 1228-1237.
- Hedberg, I., Hedberg, O. (1979). Tropical-alpine lifeforms of vascular plants. *Oikos*, 33, 297-307.

- Henderson, S., Dawson, T. P., Whittaker, R. J. (2006). Progress in invasive plants research. *Progress in Physical Geography*, 30, 25-46.
https://www.researchgate.net/publication/249823855_Progress_in_invasive_plants_research
- Hermann, R. (1970). Vertically differentiated water balance in tropical high mountains with special reference to the Sierra Nevada de Santa Marta/Colombia. *IAHS Publ.*, 93, 262-273.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2016). Metodología de la investigación. 6ta Edición Sampieri. R. R., Soriano. (1991). Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdés.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., Cerra, M. (2014). Los páramos andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador, 156.
- Hofstede, R., Segarra, R., Mena V. R. (Eds.). 2003. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito
- Hughes, C., Eastwood, R. (2006). Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *PNAS* 103(27), 10334-10339.
- Hussain, A. (2005). Bangladesh's New Foreign Policy Direction in Southeast and East Asia: Perspective and Goals. *Journal of International Development and Cooperation*, 12(1), 1-14.
- Husson, L., Conrad, C.P., Faccenna, C. (2012). Plate motions, Andean orogeny, and volcanism above the South Atlantic convection cell. *Earth and Planetary Science Letters*, 317-318, 126-135.
- Instituto Nacional de Biodiversidad [INABIO]. (30 enero 2019). 9: Especies exóticas invasoras controladas.
<http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2019/01/30/9-especies-exoticas-invasoras-controladas/>

- Instituto Nacional de Biodiversidad [INABIO]. (2017). Agenda nacional de investigación sobre la biodiversidad. MAE, SENESCYT e INABIO. https://issuu.com/inabio/docs/anib_final_high1
- Iseli, E., Chisholm, C., Lenoir, J., Haider, S., Seipel, T., Barros, A., ... Alexander, J. M. (2023). Rapid upwards spread of non-native plants in mountains across continents. *Nature Ecology & Evolution*, 1-9.
- Itaoka, K. (12-13 de abril de 2012). Regression and interpretation low R-squared. En Proceedings of the presentation at Social Research Network 3rd Meeting, Noosa. Mizuho Information and Research Institute, Inc.
- Jeschke, J. M., Liub, C., Saula, W.-C., Seebense, H. (2021). Biological Invasions: Introduction, Establishment and Spread. En T. Mehner, K. Tockner (Eds). Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition, pp. 355-367). Elsevier.
- Jørgensen, P.M., S. León-Yáñez (eds.). (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.*, 75: i-viii, 1-1182.
- Josse, C., Mena, P.A., Medina, G. (Eds.). (2000). La Biodiversidad de los Páramos. *Serie Páramo (7)*. GTP/Abya Yala. Quito.
- Kappes, H., Lay, R., Topp, W. (2007). Changes in different trophic levels of litter-dwelling macrofauna associated with giant knotweed invasion. *Ecosystems*, 10: 734-744.
- Körner, C. (2007). The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology & evolution*, 22(11), 569-574.
- Körner C. 2003. Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems, 2nd edn. Berlin, Germany: Springer.
- Kueffer, C., McDougall, K., Alexander, J., Daehler, C., Edwards, P., Haider, S., Milbau, A., Parks, C., Pauchard, A., Reshi, Z. A., Rew, L. J., Schroder, M., Seipel, T. (2013). Plant invasions into mountain protected areas: assessment, prevention and control at multiple spatial scales. *Plant invasions in protected areas: patterns, problems and challenges*, 89-113.
- Kvillner, E., Sonesson, M. (1980) Plant Distribution and Environmental of a Subarctic Mire. *Ecological Bulletins*, 30, 97-111.

- Lauer, W. (1979, November). La posición de los páramos en la estructura del paisaje de los Andes tropicales. En *El medio ambiente páramo*. Simposio Internacional. Fac. Cs. ULA, Mérida, Venezuela (pp. 30-43).
- León-Yáñez, S. (2011). La flora de los páramos ecuatorianos. En: P. Mena Vásconez, J. Campaña, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz (Eds.). *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado* (pp. 25-39). EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA. Quito
- León-Yáñez, S. (1993). Estudio ecológico y fitogeográfico de la vegetación del páramo de Guamaní, Pichincha Napo, Ecuador. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa Ulloa, C., Navarrete, H. (Eds.). (2011). *Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador, Segunda Edición (Segunda Edición)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/318970039_Libro_Rojo_de_las_Plantas_Endemicas_del_Ecuador
- Levin, L. A., Neira, C., Grosholz, E. D. (2006). Invasive cordgrass modifies wetland trophic function. *Ecology*, 87, 419-432.
- Luteyn, J. (1999). Páramos: A checklist of plant diversity, geographic distribution, and botanical literature. *Memoirs of the New York Botanical Garden* (84). New York.
- Mack, R. N., Von Holle, B., Meyerson, L. A. (2007). Assessing invasive alien species across multiple spatial scales: working globally and locally. *Front. Ecol. Environ.*, 5(4), 217-220.
- Mack, R. N., Lonsdale, W. M. (2001). Humans as global plant dispersers: getting more than we bargained for: current introductions of species for aesthetic purposes present the largest single challenge for predicting which plant immigrants will become future pests. *BioScience*, 51(2), 95-102.
- Maes, D., Bauwens, D., De Bruyn, L., Anselin, A., Vermeersch, G., Van Landuyt, W., De Knijf, G., Gilbert, M. (2005). Species richness coincidence: conservation strategies based on predictive modelling. *Biodivers Conserv*, 14, 1345-1364. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-9662-x>

- Maldonado Fonkén, M. S. (2014). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires and Peat*, 15(5), 1-13.
- Mânzu, C. C., Irimia I., Cîșlariu A. G., Chinan V.-C. (2020). Chorological data for some rare plant species from ROSCI0222 Sărăturile Jijia Inferioară-Prut and ROSPA0042 Eleșteele Jijiei și Miletinului (Iași County). *Acta Horti Botanici Bucurestiensis*, 46, 35-54.
<https://ibiol.ro/plant/Volume%2066/Articolul%205.pdf>
- McCain, C. M. (2007). Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and biogeography*, 16(1), 1-13.
- McDougall, K. L., Alexander, J. M., Haider, S., Pauchard, A., Walsh, N. G., Kueffer, C. (2011). Alien flora of mountains: global comparisons for the development of local preventive measures against plant invasions. *Diversity and Distributions*, 17(1), 103-111.
- Medina, G., Mena Vásconez, P. (2001). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. En P. Mena Vásconez, G. Medina, R. Hofstede (Eds.), *Los páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectivas*. Ediciones Abya-Yala/Proyecto Páramo.
- Mena Vásconez, P. (2009). El estado de salud de los páramos en el Ecuador: alternativas interesantes y pronósticos complicados. En R. De la Cruz, P. Mena Vásconez, M. Morales, P. Ortiz, G. Ramón, S. Rivadeneira, E. Suárez, J. F. Terán, C. Velázquez. *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador* (pp. 23-39). Ecociencia, Abya Yala.
- Mena, P., Balslev, H. (1986). Comparación entre la vegetación de los páramos y el cinturón Afroalpino. *AAU Reports*, 12.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu169465.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). Páramos: programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana. Ministerio del Medio Ambiente.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (s.f.). Mapa Interactivo. <http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2015). Red Vial Estatal [Mapa]. 1: 250.000. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Moret, P. (2005). Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador: sistemática, ecología y biogeografía. *Monografía*, 2. Centro de Biodiversidad y Ambiente, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Morgan, J. W., Carnegie, V. (2009). Backcountry huts as introduction points for invasion by non-native species into subalpine vegetation. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 41(2), 238-245.
- Morrone, J. J. (2021). Review of the subprovinces and districts of the Páramo biogeographic province, northern South America. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92: e923557
- Morrone, J. J. (2015). Biogeographical regionalisation of the world: a reappraisal. *Australian Systematic Botany*, 28(3), 81-90.
- Morrone, J. J. (2002). Biogeographical regions under track and cladistic scrutiny. *Journal of Biogeography*, 29, 149-152.
- Magnússon, S. H., Wasowicz, P., Magnússon, B. (2022). Vascular plant colonisation, distribution and vegetation development on Surtsey during 1965–2015. *Surtsey Research*, 15, 9-29.
- Neira, C., Levin, L. A., Grosholz, E. D., Mendoza, G. (2007). Influence of invasive *Spartina* growth stages on associated macrofaunal communities. *Biological Invasions*, 9, 975-993.
- Ni, M., Deane, D. C., Li, S., Wu, Y., Sui, X., Xu, H., ... Fang, S. (2021). Invasion success and impacts depend on different characteristics in non-native plants. *Diversity and Distributions*, 27(7), 1194-1207.
- Nieto C., Estrella, J. (2011). La agrobiodiversidad en los ecosistemas de páramo: una primera aproximación a su inventario y su situación actual. En: P. Mena Vásconez, J. Campaña, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz (Eds.). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado (pp. 41-62). EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA. Quito

- Oleas, N.H., Meerow, A.W., Francisco-Ortega, J. (2012). Population Dynamics of the Endangered Plant, *Phaedranassa tunguraguae*, from the Tropical Andean Hotspot. *Journal of Heredity*, 103(4), 557-569.
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- Organización de las Naciones Unidas, División de Desarrollo Sostenible [ONU]. (s.f.). Programa 21: Capítulo 13. Ordenación de los ecosistemas frágiles: desarrollo sostenible de las zonas de montaña. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter13.htm>
- Parendes, L. A., Jones, J. A. (2000). Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H. J. Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conservation Biology*, 14, 64-75.
- Passalacqua, N. G. (2015). On the definition of element, chorotype and component in biogeography. *Journal of Biogeography*, 42(4), 1-8. <https://doi.org/10.1111/jbi.12473>
- Pauchard, A., Kueffer, C., Dietz, H., Daehler, C.C., Alexander, J., Edwards, P.J., Arévalo, J.R., Cavieres, L.A., Guisan, A., Haider, S., Jakobs, G. (2009). Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations. *Front Ecol Environ*, 7(9), 479-486. doi:10.1890/080072.
- Pauchard, A., Alaback, P. B. (2004). Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of South-Central Chile. *Conservation biology*, 18(1), 238-248.
- Peyre, G., Balslev, H., Font, X., Tello, J. S. (2019). Fine-scale plant richness mapping of the Andean páramo according to macroclimate. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 377.
- Peyre, G. (2015). Plant diversity and vegetation of the Andean Páramo. In TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). University of Barcelona.
- Pickering, C., Hill, W. (2007). Roadside weeds of the snowy mountains, Australia. *Mountain Research and Development*, 27(4), 359-367.

- Pizarro, C., Barros, A., Rew, L. J., Shackleton, R., Pauchard, A. (2023). 1 Introduction: Tourism, Recreation and Biological Invasions En A. Barros, Shackleton, R., Rew, L. J., Pizarro, C., Pauchard, A. (Eds.), *Tourism, Recreation and Biological Invasions* (pp. 1-6). CABI.
- Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L. C., Genovesi, P., Jeschke, J. M. (2020) Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 95(6), 1511-1534. DOI: 10.1111/brv.12627
- Rada, F., Azócar, A., García-Núñez, C. (2019). Plant functional diversity in tropical Andean páramos. *Plant Ecology & Diversity*, 1-15. DOI: 10.1080/17550874.2019.1674396
- Ries, C., Pagad, S. (2020). Global Register of Introduced and Invasive Species GRIIS - Luxembourg. Version 1.2. Invasive Species Specialist Group ISSG. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/tvi3gf>.
- Ruete, A. (2015). Displaying bias in sampling effort of data accessed from biodiversity databases using ignorance maps. *Biodiversity Data Journal*, (3).
- Sala, O. E., Stuart Chapin, F. I. I., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774.
- Sandoya, V., Pauchard, A., Cavieres, L. A. (2017). Natives and non-natives plants show different responses to elevation and disturbance on the tropical high Andes of Ecuador. *Ecology and Evolution*, 7, 7909-7919.
- Seiler, A. (2001). Ecological effects of roads: a review. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Seipel, T., Alexander, J. M., Edwards, P. J., Kueffer, C. (2016). Range limits and population dynamics of non-native plants spreading along elevation gradients. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 20, 46-55.
- Seipel, T., Kueffer, C., Rew, L. J., Daehler, C. C., Pauchard, A., Naylor, B. J., Alexander, J. M., Edwards, P. J., Parks, C. G., Arevalo, J. R., Cavieres, L. A. (2012). Processes at multiple scales affect richness and similarity of non-native

- plant species in mountains around the world. *Global Ecology and Biogeography*, 21(2), 236-246.
- Septiadi, L., Wahyudi, D., Rachman, R. S., Syafrudin, S., Alfaruqi, N. T. S. (2018). The Invasive Plants Species along the Hiking Track of Mount Panderman Nature Tourism, Batu, East Java. *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*, 6(1), 55-62.
<https://jitode.ub.ac.id/index.php/jitode/article/view/244/241>
- Sklenář, P., Balslev, H. (2005). Superpáramo plant species diversity and phytogeography in Ecuador. *Flora*, 200, 416-433.
- Sklenář, P., Dušková, E., Balslev, H. (2011). Tropical and Temperate: Evolutionary History of Páramo Flora. *Botanical Review*, 77(2), 71-108.
<https://doi.org/10.1007/s12229-010-9061-9>
- Stolar, J., Nielsen, S. E. (2015). Accounting for spatially biased sampling effort in presence-only species distribution modelling. *Diversity and Distributions*, 21(5), 595-608.
- Tassara, A., Götze, H.-J., Schmidt, S., Hackney, R. (2006). Three-dimensional density model of the Nazca plate and the Andean continental margin. *Journal of Geophysical Research*, 111(B09404), 1-26.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2005JB003976>
- Theoharides, K. A., Dukes, J. S. (2007). Tansley review. Plant invasion across space and time: factors affecting nonindigenous species success during four stages of invasion. *New Phytologist*, 176, 256-273.
- Traveset, A. (2015). Impacto de las especies exóticas sobre las comunidades mediado por interacciones mutualistas. *Ecosistemas*, 24(1), 67-75.
<https://www.redalyc.org/pdf/540/54038707011.pdf>
- Tye, A. (2006). Can we infer island introduction and naturalization rates from inventory data? Evidence from introduced plants in Galapagos. *Biological Invasions*, 8, 201-215. DOI 10.1007/s10530-004-3574-2
- Urrutia-Estrada, J., Ulloa, J., García, R., Seguel, P. J. (2023). Flora exótica presente en áreas silvestres protegidas de Chile. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 58, 91-103.
- Van der Hammen, T. (1995). La dinámica del medio ambiente en la alta montaña colombiana: historia, cambio global y biodiversidad. En: J. A. Lozano y J. D.

- Pabón (Eds.). Memorias del Seminario Taller sobre alta montaña colombiana. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (pp. 11-15). *Colección Memorias* (3). Santa Fé de Bogotá.
- Van der Hammen, T. (1974). The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography* 1, 3-26.
- Villota, A., Behling, H. (2014). Late glacial and Holocene environmental change inferred from the Páramo of Cajanuma in the Podocarpus National Park, Southern Ecuador. *Caldasia*, 36(2), 345-364.
- Yelenik, S. G., Stock, W. D., Richardson, D. M. (2004). Ecosystem level impacts of invasive *Acacia saligna* in the South African fynbos. *Restoration Ecology*, 12, 44-51.
- Zuhri, M., Mutaqien, Z. (2013). The spread of non-native plant species collection of Cibodas Botanical Garden into Mt. Gede Pangrango National Park. *Journal of Tropical Life Science*, 3(2),74-82.

ANEXOS

Anexo 1.

Especies no nativas registradas dentro de la plataforma GBIF y utilizadas para el análisis de datos.

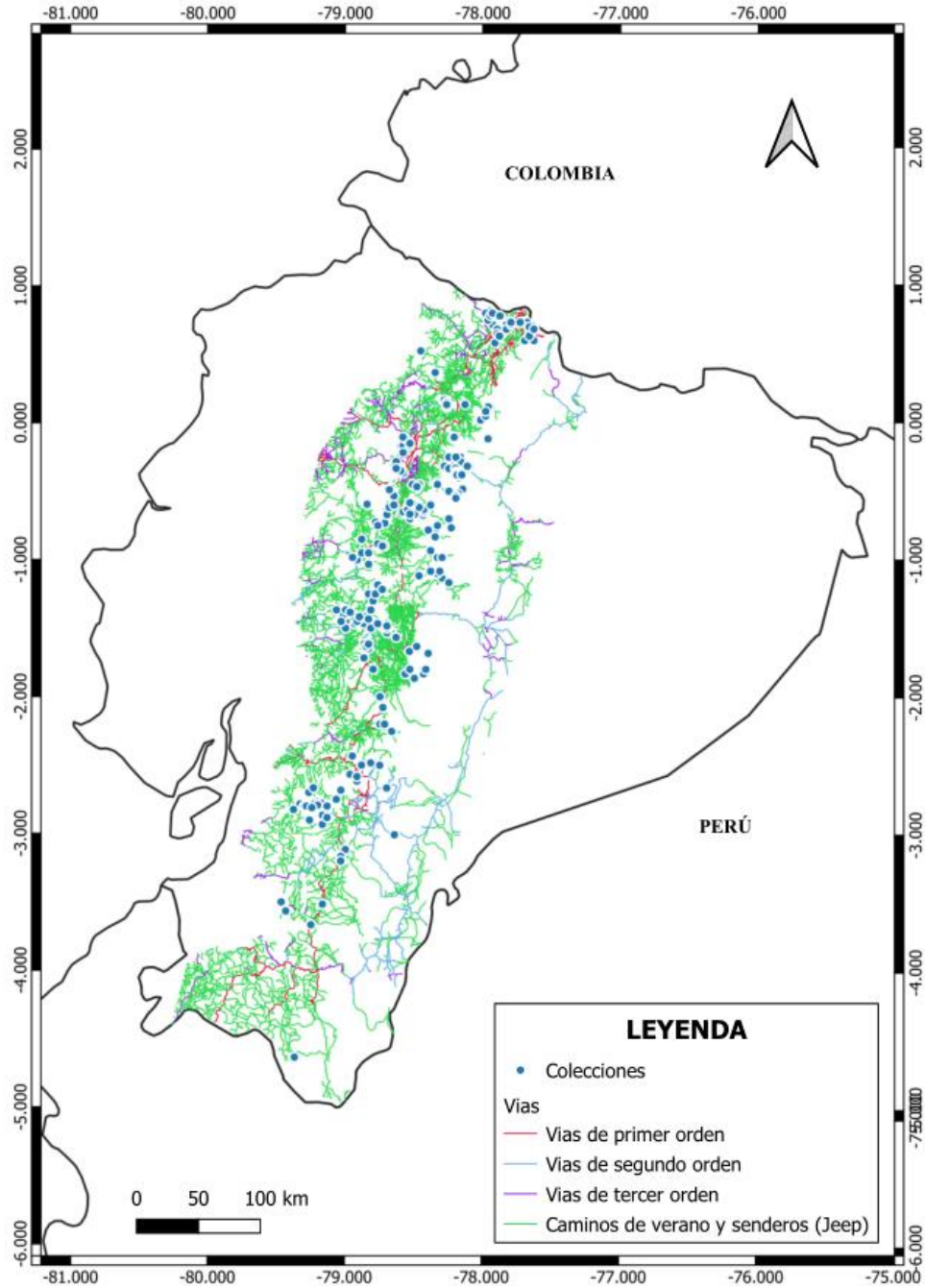
Familia	Género	Especie
Apiaceae	<i>Anethum</i>	<i>Anethum graveolens</i>
Apiaceae	<i>Coriandrum</i>	<i>Coriandrum sativum</i>
Apiaceae	<i>Foeniculum</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>
Asteraceae	<i>Achillea</i>	<i>Achillea millefolium</i>
Asteraceae	<i>Cirsium</i>	<i>Cirsium vulgare</i>
Asteraceae	<i>Conyza</i>	<i>Conyza bonariensis</i>
Asteraceae	<i>Cotula</i>	<i>Cotula australis</i>
Asteraceae	<i>Crepis</i>	<i>Crepis capillaris</i>
Asteraceae	<i>Cynara</i>	<i>Cynara cardunculus</i>
Asteraceae	<i>Hypochaeris</i>	<i>Hypochaeris glabra</i>
Asteraceae	<i>Hypochaeris</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>
Asteraceae	<i>Leucanthemum</i>	<i>Leucanthemum maximum</i>
Asteraceae	<i>Senecio</i>	<i>Senecio vulgaris</i>
Asteraceae	<i>Silybum</i>	<i>Silybum marianum</i>
Asteraceae	<i>Sonchus</i>	<i>Sonchus asper</i>
Asteraceae	<i>Sonchus</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>
Asteraceae	<i>Tanacetum</i>	<i>Tanacetum parthenium</i>
Asteraceae	<i>Taraxacum</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
Basellaceae	<i>Ullucus</i>	<i>Ullucus tuberosus</i>
Boraginaceae	<i>Borago</i>	<i>Borago officinalis</i>
Boraginaceae	<i>Cynoglossum</i>	<i>Cynoglossum amabile</i>
Boraginaceae	<i>Myosotis</i>	<i>Myosotis scorpioides</i>
Brassicaceae	<i>Brassica</i>	<i>Brassica rapa</i>
Brassicaceae	<i>Capsella</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
Brassicaceae	<i>Cardamine</i>	<i>Cardamine hirsuta</i>
Brassicaceae	<i>Matthiola</i>	<i>Matthiola incana</i>
Brassicaceae	<i>Nasturtium</i>	<i>Nasturtium officinale</i>
Brassicaceae	<i>Raphanus</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i>
Brassicaceae	<i>Raphanus</i>	<i>Raphanus sativus</i>
Caryophyllaceae	<i>Cerastium</i>	<i>Cerastium fontanum</i>
Caryophyllaceae	<i>Cerastium</i>	<i>Cerastium glomeratum</i>
Caryophyllaceae	<i>Sagina</i>	<i>Sagina procumbens</i>
Caryophyllaceae	<i>Silene</i>	<i>Silene cerastoides</i>
Caryophyllaceae	<i>Silene</i>	<i>Silene gallica</i>
Caryophyllaceae	<i>Spergula</i>	<i>Spergula arvensis</i>
Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>Carex muricata</i>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>Euphorbia peplus</i>
Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i>	<i>Ricinus communis</i>

Fabaceae	<i>Galega</i>	<i>Galega officinalis</i>
Fabaceae	<i>Genista</i>	<i>Genista monspessulana</i>
Fabaceae	<i>Medicago</i>	<i>Medicago lupulina</i>
Fabaceae	<i>Medicago</i>	<i>Medicago polymorpha</i>
Fabaceae	<i>Melilotus</i>	<i>Melilotus indicus</i>
Fabaceae	<i>Retama</i>	<i>Retama monosperma</i>
Fabaceae	<i>Spartium</i>	<i>Spartium junceum</i>
Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium dubium</i>
Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium repens</i>
Fabaceae	<i>Ulex</i>	<i>Ulex europaeus</i>
Fabaceae	<i>Vicia</i>	<i>Vicia faba</i>
Fabaceae	<i>Vicia</i>	<i>Vicia sativa</i>
Gentianaceae	<i>Centaurium</i>	<i>Centaurium erythraea</i>
Geraniaceae	<i>Erodium</i>	<i>Erodium cicutarium</i>
Geraniaceae	<i>Erodium</i>	<i>Erodium moschatum</i>
Hypericaceae	<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum patulum</i>
Lamiaceae	<i>Melissa</i>	<i>Melissa officinalis</i>
Lamiaceae	<i>Mentha</i>	<i>Mentha pulegium</i>
Lamiaceae	<i>Mentha</i>	<i>Mentha suaveolens</i>
Lamiaceae	<i>Prunella</i>	<i>Prunella vulgaris</i>
Lamiaceae	<i>Thymus</i>	<i>Thymus vulgaris</i>
Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>Persea americana</i>
Malvaceae	<i>Malva</i>	<i>Malva pusilla</i>
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
Onagraceae	<i>Fuchsia</i>	<i>Fuchsia magellanica</i>
Papaveraceae	<i>Argemone</i>	<i>Argemone mexicana</i>
Papaveraceae	<i>Fumaria</i>	<i>Fumaria agraria</i>
Papaveraceae	<i>Papaver</i>	<i>Papaver somniferum</i>
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus radiata</i>
Plantaginaceae	<i>Digitalis</i>	<i>Digitalis purpurea</i>
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago major</i>
Plantaginaceae	<i>Veronica</i>	<i>Veronica arvensis</i>
Plantaginaceae	<i>Veronica</i>	<i>Veronica pérsica</i>
Poaceae	<i>Agrostis</i>	<i>Agrostis capillaris</i>
Poaceae	<i>Agrostis</i>	<i>Agrostis gigantea</i>
Poaceae	<i>Agrostis</i>	<i>Agrostis stolonifera</i>
Poaceae	<i>Aira</i>	<i>Aira caryophyllea</i>
Poaceae	<i>Alopecurus</i>	<i>Alopecurus geniculatus</i>
Poaceae	<i>Anthoxanthum</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
Poaceae	<i>Arrhenatherum</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>
Poaceae	<i>Arundo</i>	<i>Arundo donax</i>
Poaceae	<i>Avena</i>	<i>Avena fatua</i>
Poaceae	<i>Briza</i>	<i>Briza minor</i>
Poaceae	<i>Cynodon</i>	<i>Cynodon dactylon</i>

Poaceae	<i>Dactylis</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
Poaceae	<i>Festuca</i>	<i>Festuca rubra</i>
Poaceae	<i>Glyceria</i>	<i>Glyceria fluitans</i>
Poaceae	<i>Holcus</i>	<i>Holcus lanatus</i>
Poaceae	<i>Hordeum</i>	<i>Hordeum vulgare</i>
Poaceae	<i>Lolium</i>	<i>Lolium multiflorum</i>
Poaceae	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i>
Poaceae	<i>Phalaris</i>	<i>Phalaris aquatica</i>
Poaceae	<i>Poa</i>	<i>Poa annua</i>
Poaceae	<i>Poa</i>	<i>Poa pratensis</i>
Poaceae	<i>Vulpia</i>	<i>Vulpia bromoides</i>
Poaceae	<i>Vulpia</i>	<i>Vulpia myuros</i>
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex acetosella</i>
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex crispus</i>
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex obtusifolius</i>
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex pulcher</i>
Resedaceae	<i>Reseda</i>	<i>Reseda lutea</i>
Rosaceae	<i>Fragaria</i>	<i>Fragaria vesca</i>
Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus pérsica</i>
Rubiaceae	<i>Sherardia</i>	<i>Sherardia arvensis</i>
Rutaceae	<i>Ruta</i>	<i>Ruta graveolens</i>
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum marginatum</i>
Urticaceae	<i>Urtica</i>	<i>Urtica dioica</i>
Urticaceae	<i>Urtica</i>	<i>Urtica urens</i>
Violaceae	<i>Viola</i>	<i>Viola arvensis</i>
Violaceae	<i>Viola</i>	<i>Viola odorata</i>
Violaceae	<i>Viola</i>	<i>Viola tricolor</i>
29	87	111

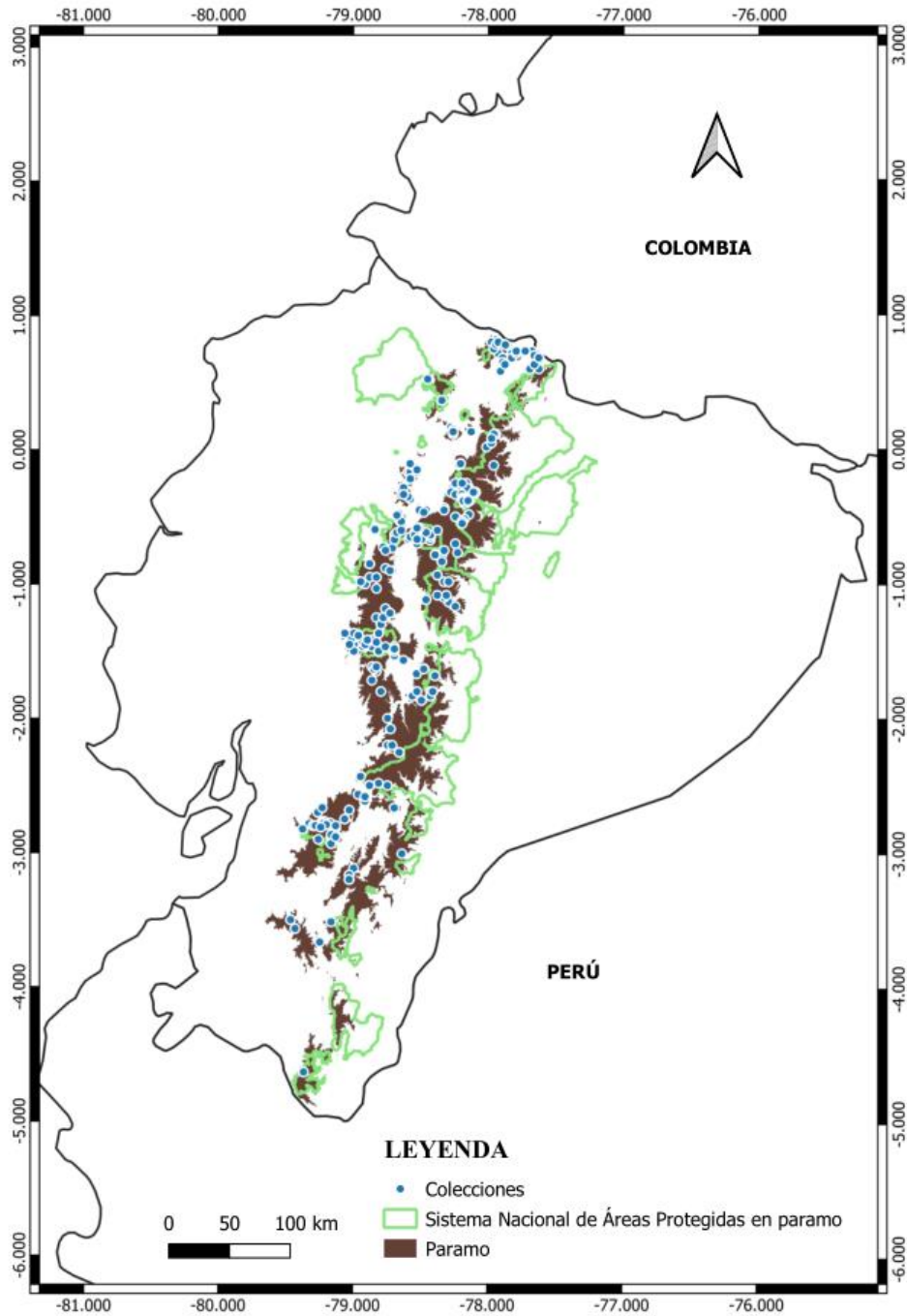
Anexo 2.

Mapa que muestra la distribución de los especímenes de plantas no nativas, de acuerdo con su cercanía a las vías existentes en los páramos del Ecuador.



Anexo 3.

Mapa de la distribución de los especímenes de plantas no nativas dentro y fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en los páramos del Ecuador.



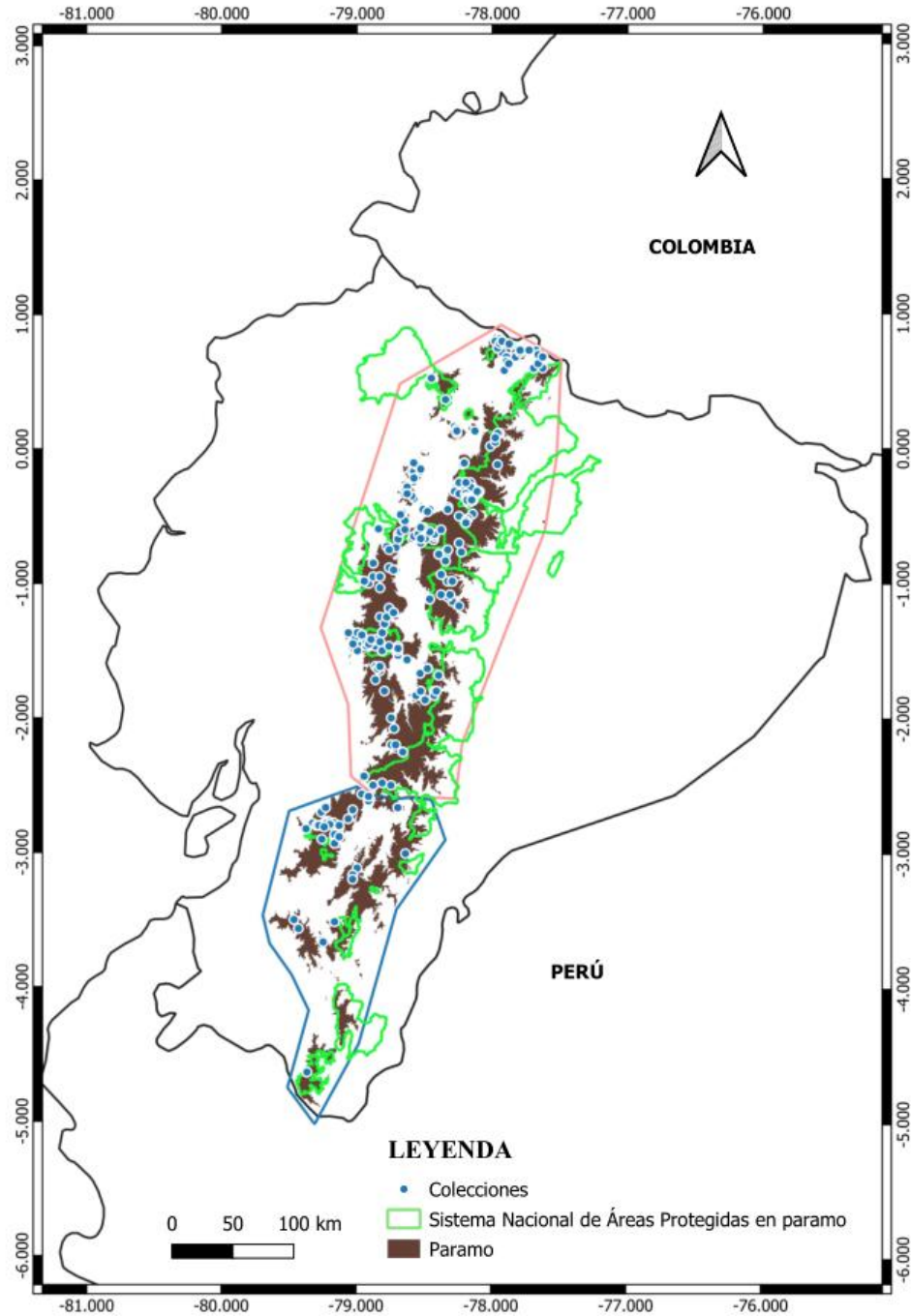
Anexo 4.

Lista de áreas protegidas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de los páramos del Ecuador, ordenadas de norte a sur, donde fueron registrados especímenes de plantas no nativas.

Nro.	Nombre del Área Protegida	Área	Nro. Especímenes	Nro. Especies
1	RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL	15974.51	8	5
2	ÁREA PROTEGIDA AUTÓNOMA DESCENTRALIZADA CORDILLERA ORIENTAL DEL CARCHI	20439.79	32	14
3	ÁREA ECOLÓGICA DE CONSERVACIÓN MUNICIPAL LA BONITA	53093.82	4	2
4	PARQUE NACIONAL COTACACHI CAYAPAS	260961.5	3	1
5	PARQUE NACIONAL CAYAMBE COCA	408284.6	134	17
6	PARQUE NACIONAL ANTISANA	120581.3	202	17
7	PARQUE NACIONAL COTOPAXI	32271.71	24	10
8	RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS	134233.2	7	4
9	PARQUE NACIONAL LLANGANATES	219918.6	11	8
10	RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO	52683.27	32	15
11	PARQUE NACIONAL SANGAY	486612.5	6	4
12	ÁREA PROTEGIDA AUTÓNOMA DESCENTRALIZADA CURIQUINGUE GALLOCANTANA	1223.629	2	1
13	PARQUE NACIONAL CAJAS	29389.37	18	13
14	ÁREA PROTEGIDA AUTÓNOMA DESCENTRALIZADA MAZAN	2023.107	2	1
15	PARQUE NACIONAL YACURI	43090.55	2	1
		TOTAL	487	

Anexo 5.

Mapa de distribución de los especímenes de plantas no nativas, de acuerdo con las subprovincias biogeográficas de los páramos del Ecuador.



Nota: Adaptado de Review of the subprovinces and districts of the Páramo biogeographic province, Northern South America (p. 3), por J.J. Morrone, 2021, Revista Mexicana de Biodiversidad 92: e923557.