



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Impactos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano

Trabajo de Titulación, previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal

AUTORA:

Emily Michelle Rodríguez Castillo

DIRECTOR:

Ing. Juan Armando Maita Chamba, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 11 de septiembre de 2023

Ing. Juan Maita Chamba Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Impactos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de la autoría de la estudiante **Emily Michelle Rodríguez Castillo**, con **cédula de identidad Nro.1104114796**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

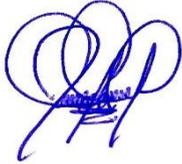


Ing. Juan Armando Maita Chamba Mg.Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Emily Michelle Rodríguez Castillo**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional- Biblioteca Virtual.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a final stroke that ends in a small hook.

Cédula de identidad: 1104114796

Fecha: Loja, 26 de julio del 2024

Correo electrónico: emily.rodriguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0994952243

**Carta de autorización por parte de la autora para consulta, reproducción parcial o total
y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación**

Yo, **Emily Michelle Rodríguez Castillo**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Impactos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintiséis días del mes de julio del año dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: Emily Michelle Rodríguez Castillo

Cédula: 1104114796

Dirección: Barrio Zarzas Uno, Loja

Correo electrónico: emily.rodriguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0994952243

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación:

Ing. Juan Armando Maita Chamba Mg. Sc.

Dedicatoria

A Dios quien me ha guiado en cada decisión que he tomado, además de ser mi fortaleza a lo largo de mi carrera.

A mis padres Rafael y Yovana quienes me han brindado su amor y apoyo incondicional, siendo mi principal motor y guía en cada uno de los pasos que he dado. Agradezco su presencia constante y sus sinceras palabras de aliento.

A mis hermanos Dayanara y Andy, por siempre estar dispuestos a escucharme, brindarme su ayuda y aconsejarme he impulsarme en todo momento. Por alentarme y nunca dejarme sola en cada paso que doy. A mi querida Amira quien siempre me acompaño en mis noches de desvelo.

A mis tías Sonia, María Belén y Daniela quienes siempre me han apoyado en mis decisiones, me ayudaron en los momentos difíciles y me enseñaron a que cualquier meta que me proponga la puedo cumplir. También a mis tíos Yonny, Richard y Diego que desde la distancia siempre me han brindado su apoyo.

A mis abuelitos Luis y María por su amor incondicional y siempre aconsejarme.

Emily Michelle Rodríguez Castillo

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios, por haberme dado la fortaleza de continuar y la sabiduría en los momentos difíciles.

A mis padres y hermanos por siempre animarme a seguir adelante y ser mis cimientos para mi superación.

A mi director de Trabajo de Titulación, Ing. Juan Maita Chamba, por su paciencia y quien con su conocimiento y experiencia me guio en esta investigación.

A mis amigos, en especial a Karla quien siempre me ha brindado su apoyo y animo durante todo el proceso de la carrera, por los buenos y malos momentos que hemos compartido. A Brayan y Ronny por su apoyo y ánimo. A Fernanda, por su cariño y ayuda durante el desarrollo de este trabajo.

A todas las personas, que me motivaron durante todo mi proceso académico.

Emily Michelle Rodríguez Castillo

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras:.....	xi
Índice de anexos:.....	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Bosque seco del Ecuador	6
4.2. Tipos de bosque seco en el Ecuador	6
4.3. Factores de degradación del bosque seco.....	8
4.3.1. Incendios forestales.....	8
4.3.2. Deforestación	8
4.4. Especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco.....	8
4.5. Descripción botánica de las especies de aprovechamiento condicionado seleccionadas para el estudio de distribución potencial	9
4.5.1. Descripción botánica de <i>Alseis eggertii</i> Standl.	9
4.5.2. Descripción botánica de <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken.	10
4.5.3. Descripción botánica de <i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.....	11
4.5.4. Descripción botánica de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) SO Grose.	11
4.5.5. Descripción botánica de <i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.....	12

4.5.6.	Descripción botánica de <i>Machaerium millei</i> Standl.	13
4.6.	Conceptos y fundamentos del nicho ecológico.....	14
5.	Metodología	19
5.1.	Área de estudio.....	19
5.2.	Metodología para determinar el área de distribución potencial de especies forestales del bosque seco ecuatoriano.	20
5.2.1.	Selección de especies	20
5.2.2.	Obtención de los registros.....	21
5.2.4.	Filtrado de datos de ocurrencia de las especies.....	22
5.2.4.1.	Primera Fase: Depuración de registros sin coordenadas, coordenadas duplicadas y coordenadas con valores de cero.....	23
5.2.4.2.	Segunda Fase: Depuración de datos atípicos	23
5.2.4.3.	Tercera Fase: Análisis de heterogeneidad.....	23
5.2.5.	Variables Last Glacial Maximun (LGM).....	24
5.2.6.	Determinación de las áreas de calibración de las especies	24
5.2.7.	Selección de variables bioclimáticas.....	24
5.2.8.	Generación de modelos	24
5.3.	Metodología para establecer las áreas de distribución potencial afectadas por patrones de deforestación e incendio forestales.	25
5.3.1.	Datos de deforestación e incendios forestales.....	25
5.3.2.	Preparación de las áreas de adecuación	26
5.3.3.	Filtrado de datos de fuegos activos	26
5.3.1.	Determinación de fuegos activos en las áreas de distribución de las especies y análisis la deforestación en las áreas de distribución de las especies.....	26
6.	Resultados	28
6.1.	Modelamiento de las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano.....	28
6.1.1.	Filtrado de puntos de ocurrencia de las especies	28
6.1.2.	Estadísticas de calibración de los modelos	28
6.1.3.	Modelos seleccionados.....	29
6.1.4.	Áreas de adecuación de las especies	31
6.1.4.1.	Área de adecuación de <i>Alseis eggertii</i>	32

6.1.4.2.	Área de adecuación de <i>Cordia alliodora</i>	32
6.1.4.3.	Área de adecuación de <i>Geoffroea spinosa</i>	32
6.1.4.4.	Área de adecuación de <i>Handroanthus crisanthus</i>	33
6.1.4.5.	Área de adecuación de <i>Loxopterygium huasango</i>	33
6.1.4.6.	Área de adecuación de <i>Machaerium millei</i>	33
6.1.5.	Perfil bioclimático.....	33
6.2.	Estimación de las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales.....	34
6.2.1.	Deforestación	34
6.2.1.1.	Análisis estadístico en el periodo de 1990-2020.....	34
6.2.2.	Análisis estadístico a nivel provincial de deforestación período 1990- 2020.....	36
6.2.3.	Incendios forestales.....	38
6.2.3.1.	Análisis nacional de fuegos activos periodo 2001 - 2023.....	38
6.2.3.2.	Análisis estadístico a nivel provincial de fuegos activos periodo 2001 - 2023	38
6.2.3.3.	Descomposición de serie temporal de fuegos activos (FA) periodo 2001-2023.. ...	41
7.	Discusión	45
7.1.	Área de adecuación	45
7.2.	Deforestación	46
7.3.	Incendios	47
8.	Conclusiones	48
9.	Recomendaciones	49
10.	Bibliografía	50
11.	Anexos	57

Índice de tablas:

Tabla 1. Especies forestales presentes en el listado del Acuerdo Ministerial No. 244.....	8
Tabla 2. Listado de especies seleccionadas.....	21
Tabla 3. Listado de variables bioclimáticas.....	22
Tabla 4. Rangos altitudinales de las especies estudiadas.....	23
Tabla 5. Especies forestales y número de registros utilizados en el modelamiento de adecuación ambiental.....	28
Tabla 6. Resultado de la calibración de los modelos de las especies evaluadas.....	28
Tabla 7. Parámetros de los modelos más significativos resultantes de la calibración.....	30
Tabla 8. Superficie de las áreas de adecuación de las especies forestales a nivel provincial, expresadas en hectáreas y porcentaje.....	31
Tabla 9. Resumen de pruebas estadísticas aplicadas a las series temporales.....	44

Índice de figuras:

Figura 1. Muestra botánica de <i>Alseis eggersii</i>	10
Figura 2. Flores y muestra botánica de <i>Cordia alliodora</i>	11
Figura 3. Hojas y flores de <i>Geoffroea spinosa</i>	11
Figura 4. Árbol y flores de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	12
Figura 5. Hojas y muestra botánica de <i>Loxopterygium huasango</i>	13
Figura 6. Muestras botánicas de <i>Machaerium millei</i>	14
Figura 7. Conceptualización del nicho ecológico según Hutchinson (1957).....	15
Figura 8. Descripción esquemática del modelado de nichos ecológicos y distribuciones de especies.....	16
Figura 9. Diagrama BAM.	17
Figura 10. Bosque Seco Ecuatoriano.	19
Figura 11. Modelo de distribución de las especies. A) <i>Alseis eggersii</i> B) <i>Cordia alliodora</i> C) <i>Geoffroea spinosa</i> D) <i>Handroanthus chrysanthus</i> E) <i>Loxopterygium huasango</i> F) <i>Machaerium millei</i>	30
Figura 12. Perfil bioclimático de las áreas de adecuación de las especies forestales.	34
Figura 13. Deforestación total y porcentaje deforestado para el período 1990-2020: A) Hectáreas deforestadas en el área de adecuación de la especie, B) Porcentaje del área de cobertura boscosa perdida en relación con el área de adecuación de la especie	35
Figura 14. Deforestación por periodos en las áreas de adecuación de las especies forestales.	35
Figura 15. Análisis estadístico de la deforestación a nivel provincial en el periodo 1990 - 2020. Donde el color verde oscuro representa las hectáreas deforestadas en el área de adecuación de la especie y el color verde claro es el porcentaje de cobertura boscosa pérdida en relación con el área de adecuación de la especie	37

Figura 16. Número y densidad de fuegos activos para el periodo 2001 - 2023: A) Frecuencia de fuegos activos, B) Densidad de fuegos activos por Km ²	38
Figura 17. Análisis estadístico de fuegos activos a nivel provincial en el periodo de 2001-2021. Donde el color rojo oscuro representa la frecuencia de fuegos activos por especie, y el color rojo claro es la densidad de fuegos activos por km ²	40
Figura 18. Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de <i>Alseis eggersii</i>	41
Figura 19. Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de <i>Cordia alliodora</i>	41
Figura 20. Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de <i>Geoffroea spinosa</i>	42
Figura 21. Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de <i>Handroanthus chrysanthus</i>	42
Figura 22. Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de <i>Loxopterygium huasango</i>	43
Figura 23. Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de <i>Machaerium millei</i> . ..	43

Índice de anexos:

Anexo 1. Script para la descarga de paquetes y datos necesarios para el modelamiento.	57
Anexo 2. Script para la descarga y unión de bases de datos de los registros de presencia.....	61
Anexo 3. Script para el filtrado de datos de los registros de presencia.....	63
Anexo 4. Script para determinar las áreas de calibración.	65
Anexo 5. Script para el análisis de contribución, permutación, Jackknife y correlación.	66
Anexo 6. Graficas para el análisis de contribución, permutación, Jackknife y correlación. ...	68
Anexo 7. Script para determinar las áreas de adecuación.....	70
Anexo 8. Script para la determinación de la superficie de bosque nativo de las especies.....	74
Anexo 9. Script para el recorte de bosque nativo con las áreas de adecuación.	77
Anexo 10. Script para el análisis de datos de deforestación.	80
Anexo 11. Script para análisis de deforestación en el periodo (1990-2020)	83
Anexo 12. Script para el análisis de datos de deforestación a nivel provincial.	88
Anexo 13. Script para la depuración de datos y conteo general de fuegos activos por especie.	93
Anexo 14. Script para el análisis de la densidad de fuegos activos por km ²	96
Anexo 15. Script para el análisis de fuegos activos por provincia.....	99
Anexo 16. Script para la construcción de series temporales.....	104
Anexo 17. Certificado de traducción de Resumen/abstract	107

1. Título

Impactos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano

2. Resumen

Los bosques secos son considerados una zona de importancia biológica, además son un ecosistema amenazado que se considera biológicamente importante debido a la singularidad y diversidad de sus hábitats. Es por ello, que la presente investigación tiene como objetivo aportar con información científica sobre las áreas de adecuación ambiental de especies forestales de aprovechamiento condicionado del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales. Se seleccionó seis especies (*Alseis eggersii* Standl., *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken., *Geoffroea spinosa* Jacq., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SO Grose., *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl., y *Machaerium millei* Standl.) de las cuales se logró determinar las áreas de adecuación. Primeramente, se descargó los puntos de presencia y variables climáticas, posteriormente se filtró los puntos de presencia, eliminado registro sin coordenadas, coordenadas duplicadas y datos atípicos. Seguidamente se generó áreas de calibración y selección de variables bioclimáticas. Mediante los softwares RStudio y MaxEnt se generaron y evaluaron los mejores modelos candidatos, información que fue validada por especialistas. Para evaluar las áreas de adecuación potencial afectadas por la deforestación e incendios forestales se obtuvo información de cobertura vegetal y registros de fuegos activos, se eliminó registros < 30 % de confiabilidad, zonas de actividad volcánica y zonas con presencia antrópica.

Para determinar la superficie deforestada se extrajeron los bosques nativos de la cobertura vegetal, se realizó una intersección con las áreas de adecuación. Mediante una intersección se obtuvo el número de fuegos activos en el área de adecuación. Finalmente, se obtuvo que la especie con mayor superficie deforestada fueron *Cordia alliodora* con el 45,82 %, seguida de *Alseis eggersii* con el 38,95 % y *Handroanthus chrysanthus* con 37,1 %. Lo que respecta a fuegos activos, las especies más afectadas fueron *Alseis eggersii* con un total de 9 090 FA y una densidad de 0,8006 FA/km², seguida de *Handroanthus chrysanthus* con 8 595 FA y 0.1127 FA/km² y *Cordia alliodora* con 8 080 FA y 0,0956 FA/km².

Palabras clave: bosque seco, distribución potencial, modelamiento, deforestación, incendios forestales.

Abstract

Dry forests are considered an area of biological importance, as well as a threatened ecosystem that is considered biologically important due to the uniqueness and diversity of its habitats. For this reason, the present research aims to provide scientific information on the areas of environmental suitability of forest species of conditional use of the Ecuadorian dry forest affected by deforestation and forest fires. Six species were selected (*Alseis eggersii* Standl., *Cordia alliodora* (Ruiz and Pav.) Oken., *Geoffroea spinosa* Jacq., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SO Grose., *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl., and *Machaerium millei* Standl.) from which the areas of suitability were determined. Firstly, the points of presence and climatic variables were downloaded, then the points of presence were filtered, eliminating records without coordinates, duplicate coordinates and atypical data. Calibration areas and selection of bioclimatic variables were then generated. The best candidate models were generated and evaluated using RStudio and MaxEnt software and validated by specialists. To evaluate the areas of potential suitability affected by deforestation and forest fires, information on vegetation cover and records of active fires were obtained, records < 30 % reliability, areas of volcanic activity and areas with anthropic presence were eliminated.

To determine the deforested area, the native forests were extracted from the vegetation cover, and an intersection was made with the areas of adaptation. By means of an intersection, the number of active fires in the adaptation area was obtained. Finally, it was found that the species with the largest deforested area were *Cordia alliodora* with 45.82 %, followed by *Alseis eggersii* with 38.95 % and *Handroanthus chrysanthus* with 37.1 %. Regarding active fires, the most affected species were *Alseis eggersii* with a total of 9 090 AF and a density of 0.8006 AF/km², followed by *Handroanthus chrysanthus* with 8 595 AF and 0.1127 AF/km² and *Cordia alliodora* with 8 080 AF and 0.0956 AF/km².

Keywords: dry forest, potential distribution, modelling, deforestation, forest fires.

3. Introducción

El bosque seco, pese a su importancia ecológica, ha sufrido pérdida y empobrecimiento de su biodiversidad y por ello se ha convertido en una prioridad de conservación mundial y nacional (Stattersfield et al., 1998).

Además, el bosque seco es considerado una zona de importancia biológica por ser un ecosistema singular, muy amenazado y poco conocido, con presencia de especies endémicas y un importante grado de diversidad local y regional en una superficie relativamente reducida (Muñoz et al., 2014). Este tipo de bosque al igual que todos los ecosistemas a nivel mundial brindan múltiples beneficios a la humanidad, con los bienes y servicios ecosistémicos que poseen, los cuales se derivan de los componentes que estos tienen como el agua, nutrientes, luz, plantas, hongos, microorganismos, etc (Balvanera, 2012). También mantiene una importancia económica para grandes segmentos de la población rural, suministrando productos maderables y no maderables para subsistencia y a veces para la venta (Sánchez et al., 2006).

Pese su importancia, el bosque seco se encuentra severamente amenazado, y tiene tasas de deforestación alarmantes asociadas al incremento de las poblaciones humanas, pero sobre todo a la transformación del uso de suelo para campos de cultivo y pastoreo (Saenz et al., 2022). De hecho, en el periodo comprendido entre 1950 y 1990 el bosque seco fue el ecosistema terrestre con las mayores tasas de deforestación a nivel mundial y se estima que alrededor de la mitad de los bosques secos del planeta han sido reemplazados por tierras de cultivo (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Las amenazas que existen en el bosque seco se deben a actividades antrópicas como deforestación, ampliación de la frontera agrícola por la baja producción y la productividad de la agricultura; además, de la frecuencia de incendios forestales (Sarango et al., 2019). A pesar de la gravedad de la situación, existe una brecha considerable en el conocimiento científico sobre cómo estas perturbaciones impactan las áreas de adecuación ambiental de las especies forestales del bosque seco ecuatoriano. La falta de datos precisos y actualizados dificulta la implementación de estrategias de manejo y conservación efectivas. Es crucial desarrollar modelos que puedan identificar las áreas de mayor adecuación ambiental para estas especies y evaluar cómo la deforestación y los incendios forestales afectan estas zonas.

La deforestación ha llevado, según los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), a clasificar al bosque seco ecuatorial como en peligro crítico de extinción (Ferrer et al., 2019). En consecuencia, se considera que la deforestación intensa es la principal amenaza para la biodiversidad de los bosques (Rivas et al., 2021). En el Ecuador cada año se pierde un promedio de 94 353 hectáreas de bosque, debido a las actividades

antrópicas (Ponce et al, 2022), siendo la deforestación, fragmentación y pérdida de bosque las principales. Las provincias de Manabí, el Guayas y en el centro-sur de la costa son las que registran mayores índices de disminución de la cubierta forestal, estando posiblemente correlacionada con el aumento de la población y de la superficie agraria (Rivas, 2022).

En este contexto, el Ecuador a través del Acuerdo Ministerial Nro. 244 del año 2007, ha designado las "Normas para Manejo Forestal Sustentable de Bosque Seco", donde se detalla una lista de especies forestales cuyo aprovechamiento es condicionado debido a que sus poblaciones han sido fuertemente impactadas por procesos antrópicos. Según Jingo (2013) este acuerdo tiene como finalidad manejar al bosque de forma sustentable, y que permita mantener y conservar los recursos naturales existentes en beneficio de la población. Con los antecedentes mencionados, la presente investigación se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

Aportar con información científica sobre las áreas de adecuación ambiental de especies forestales de aprovechamiento condicionado del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales.

Objetivos específicos

- Modelar las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano.
- Estimar las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales.

4. Marco teórico

4.1. Bosque seco del Ecuador

En el Ecuador los bosques secos originalmente cubrieron el 35 % de la costa, pero actualmente la mayor parte ha desaparecido o se encuentran muy degradados. Entre Zamora y Chinchipe se encuentra una pequeña área (aproximadamente de 2 000 ha) de bosque seco en el extremo sur-oriental de Ecuador, al norte de Zumba (Aguirre et al., 2006).

El bosque seco es uno de los biomas más amenazados, incluso mucho más que los bosques lluviosos tropicales. Las áreas bajas con una larga estación seca, (más de 5 meses secos por año) son mucho más favorables para la agricultura y el asentamiento de poblaciones humanas que los bosques húmedos tropicales, y, por tanto, una característica que tienden a tener mayores densidades de población. En los trópicos de América, las mayores regiones de bosque seco incluyen las costas del Pacífico de América Central, desde México hasta Costa Rica, la Península de Yucatán, la Caatinga en el noreste de Brasil, el Chaco y el Chiquitano al este de Bolivia y en los vecinos Argentina y Paraguay, y las costas del Pacífico de Ecuador y del noroeste de Perú (Paladines, 2003).

Además se conoce que “El Centro de Endemismo Tumbesino” está constituido por los bosques secos del occidente del Ecuador junto a los bosques del noroccidente del Perú, es considerado como uno de los puntos calientes de biodiversidad del planeta por su riqueza biológica y endemismo, (Paladines, 2003).

Los bosques secos capturan carbono y pueden ayudar a remediar el calentamiento de la tierra, disminuyen el calentamiento global y estabilizan el cambio climático (Aguirre et al., 2021), además es una zona de gran importancia biológica por ser un ecosistema singular, muy amenazado y poco conocido, con presencia de especies endémicas y un importante grado de diversidad local y regional en una superficie relativamente reducida.

4.2. Tipos de bosque seco en el Ecuador

En el Ecuador, los bosques secos se encuentran continuos en la costa y aislados en los valles secos en el callejón interandino (Aguirre et al., 2006) y se clasifican en siete formaciones principales de bosque seco:

- **Matorral seco espinoso:** Ocurre en el sur-occidente del país en las partes más secas y cálidas en general, cerca y a menudo continuas al Océano Pacífico (o los manglares) y casi todas las especies pierden sus hojas durante la estación seca. Se distribuye en las provincias de Guayas, Manabí, El Oro y Loja, entre 0 y 200 m s.n.m. en terrenos con pocas colinas.

- **Bosque seco deciduo:** Esta formación anteriormente dominaba a la planicie cálida de la costa, desde el nivel del mar hasta unos 700 m s.n.m. Por lo menos el 75 % de las especies pierde sus hojas durante la estación seca. El bosque seco deciduo es el famoso bosque de ceiba o ceibo, que caracteriza a grandes zonas de las provincias de Manabí, Guayas, El Oro y Loja; está dominado por *Ceiba trichistandra* y otras Bombacaceae.
- **Bosque seco semideciduo:** Esta formación se presenta entre 200 y 1 100 m en zonas de colinas, donde existe mayor humedad (por la existencia de pendientes) que los bosques deciduos. Se estima que, en la temporada seca, entre 25 - 75 % de los elementos florísticos pierde sus hojas. En Loja este tipo de vegetación se desarrolla mejor entre 400 y 600 m s.n.m., pero llega hasta 1 100 m s.n.m. También existe en terrenos de colinas de El Oro y en las cordilleras de Churute y Chongón-Colonche, ubicados en Guayas y Manabí.
- **Bosque seco montano bajo:** Se ubica y desarrolla en lugares escarpados y con colinas entre 900 hasta 1 600 m s.n.m. A estas altitudes la neblina provoca precipitaciones horizontales incluso durante la estación seca, por ello más del 50 % de los elementos florísticos puede mantener su follaje y se encuentra una mezcla de elementos tropicales secos y elementos florísticos pedemontanos.
- **Bosque seco interandino del sur:** Se ubica en los valles interandinos entre 1 100 y 2 000 m s.n.m.; donde la intervención antrópica ha sido muy fuerte desde tiempos precolombinos y actualmente la vegetación es un tipo matorral achaparrado, en ocasiones muy enmarañada y es una mezcla de plantas armadas de espinas y especies que poseen látex, alcanzando alturas máximas de 3 - 4 m.
- **Bosque seco interandino oriental:** Ubicado en el valle del río Mayo en la cabecera norte del río Marañón, estos bosques secos están limitados a un rango entre aproximadamente 800 y 1 200 m s.n.m. y solo constituyen unas 2 000 ha. Aunque la fuerte intervención antrópica es reciente, la vegetación nativa ha sido convertida casi totalmente a cultivos y pastos, solo dejando algunos matorrales y bosques abiertos en pendientes y a lo largo de ríos.
- **Bosque seco interandino del norte:** Está ubicado en valles secos interandinos entre 1 800 y 2 600 m s.n.m. desde Imbabura en el Norte hasta Azuay en el sur. Se pueden destacar los valles de Chota (Imbabura), Guayllabamba (Pichincha), Patate (Tungurahua) y Chancan (Chimborazo). La influencia antrópica ha sido fuerte desde tiempos inmemorables y la vegetación es arbustiva, espinosa, xerofítica, poco densa y

con alturas de hasta 4 m, pero en algunos lugares protegidos o de difícil acceso se encuentra un bosque mejor desarrollado, con un dosel de hasta 8 m de altura.

4.3. Factores de degradación del bosque seco

4.3.1. Incendios forestales

El término incendios forestales se refiere a los incendios (sean de origen natural o antrópico) que ocurren en los ecosistemas terrestres y que se propagan por la vegetación, sean bosques o de cualquier otro tipo (sabanas, matorrales, pastizales, humedales, turberas, etc.) (Pausas, 2020).

En el Ecuador se pierden alrededor de 20 000 hectáreas anuales a causa de los incendios forestales y que, según las estadísticas emitidas por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SNGRE), el 80 % de los incendios registrados entre el 2010 y el 2018 ocurrieron en la sierra. Solo en el 2020 se perdieron más de 27 000 ha de cobertura vegetal en 2 336 eventos (Alarcón, 2021).

4.3.2. Deforestación

La deforestación es el proceso de destrucción de las áreas forestales. generalmente provocado por la tala masiva de árboles (Moraleta y Llanos, 2019).

Las causas de la deforestación, son factores humanos y naturales, incendios forestales y el pastoreo intensivo que afecta el brote de nuevos árboles, la agricultura intensiva que ha sembrado monocultivos, tales como cacao, caucho, café, coca, y ha dejado de lado la rotación de cultivos que permitan al suelo pedir y dar diferentes nutrientes, para lo que se despejan las hectáreas mediante la roza y quema (García, 2006).

4.4. Especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco

En el Acuerdo Ministerial No. 244 aprobado en el 2007 denominado Normas para el Manejo Sustentable de Bosques, una lista de especies (Tabla 1) de aprovechamiento condicionado:

Tabla 1.

Especies forestales presentes en el listado del Acuerdo Ministerial No. 244.

Nombre común	Nombre científico
Guayacán	<i>Handroanthus chrysanthus</i>
Colorado o paipai	<i>Pradosia montana</i>
Palo de vaca	<i>Alseis eggertii</i>
Guarapo o castaño	<i>Terminalia valverdeae</i>
Laurel costeño	<i>Cordia alliodora</i>
Barbasco	<i>Piscidia carthagenensis</i>

Nombre común	Nombre científico
Sota o moral	<i>Maclura tinctoria</i>
Almendro o seca	<i>Geoffroea spinosa</i>
Gualtaco o guasango	<i>Loxopterygium huasango</i>
Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>
Anona	<i>Annona glabra</i>
Ébano	<i>Zizupus thyriflora</i>
Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>
Palo santo	<i>Bursera Graveolens</i>
Guazimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>
Amarillo	<i>Centrolobium ochroxylum</i>
Guachapeli	<i>Pseudosamanea guachapele</i>
Pigio o Pretino	<i>Cavanillesia platanifolia</i>
Cocobolo	<i>Cynometra bauhinifolia</i>

Nota: Esta tabla muestra el nombre común y científico de especies forestales endémicas del bosque seco ecuatorial, las cuales se encuentran en el Acuerdo Ministerial No. 244.

4.5. Descripción botánica de las especies de aprovechamiento condicionado seleccionadas para el estudio de distribución potencial

4.5.1. Descripción botánica de *Alseis eggersii* Standl.

Nombre común: Palo de vaca

Según Standley (1929), la especie presenta las siguientes características botánicas:

- Posee ramas jóvenes, gruesas, comprimidas, ocráceas, glabras o glabras, posee entrenudos alargados.
- Estípulas no visibles.
- Pecíolos de 1cm de largo; extremidad elíptica- ovoidea, acuminada, obtusa en la base y corta, delgada, glabra, arriba u oscuramente pubescente en los nervios, pubescente, con pelos abiertos debajo, nervios laterales elevados, ligeramente arqueadas, espigas axilares, simples.
- Flores largas, densas, pedunculadas, con un pedúnculo de 4 - 45 cm de largo, flores sésiles, con pelos pubescentes, diminutos, abiertos o adpresos.
- Frutos son cápsulas estrechamente cilíndricas-clavadas, 8 - 11 mm de largo (Figura 1).

Distribución geográfica: Especie nativa tiene un área de distribución en los siguientes países, Ecuador y al norte de Perú (Standley, 1929), está presente en las provincias de El Oro, Guayas, Manabí (Jorgensen y León, 1999).

Usos: Se usa la madera para elaborar muebles (Molina et al., 2022).

Figura 1.

Muestra botánica de Alseis eggersii



Nota: Las figuras representan una muestra botánica donde se observa las hojas y las inflorescencias de la especie *Alseis eggersii*. Tomado de *GBIF*, por D. Cevallos, 2006 y Ferreira et al, 1991.

4.5.2. Descripción botánica de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken.

Nombre común: Laurel costeño

Según García (2006), la especie presenta las siguientes características botánicas:

- Árbol caducifolio de 18 - 25 m de altura y 50 cm de DAP. Fuste cilíndrico y recto, de crecimiento simpodial (Figura 2).
- Copa angosta e irregular con ramas ascendentes verticiladas en la parte superior.
- Corteza rugosa, fisurada, grisácea, con manchas oscuras y lenticelas. Ramas con nudos engrosados donde habitan hormigas.
- Hojas simples, alternas, ambas caras, con pelos (ásperas), dispuestas en espiral, agrupadas al final de las ramitas, de ápice obtuso, margen aserrado, de 5 - 10 cm de longitud y de 2 - 5 cm de ancho.
- Flores hermafroditas, cáliz verdoso, tubular, cubierto de pelos estrellados; corola de cinco pétalos blancos, dispuestas en panícula, con pedúnculo grande (León, 2000).

Distribución geográfica: Habita en bosque natural entre 0 - 1 000 m s.n.m., en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Morona Santiago, Napo y Pastaza (Aguirre, 2012).

Usos: En usos maderables es utilizado en esculturas, artículos torneados, construcciones exteriores e interiores, en usos no maderables es utilizado para curar: heridas, hidropesía, granos, quemaduras, salpullido, la fibra algodonosa que rodea las semillas se utiliza en la industria como aislante térmico, acústico en cámaras frigoríficas y aviones. Los frutos son comestibles (ITTO, 2020).

Figura 2.

Flores y muestra botánica de *Cordia alliodora*



Nota: Las figuras representan las flores, además de una muestra botánica donde se observa las hojas de la especie *Cordia alliodora*. Tomado de *Flickr* y *The Field Museum Natural*, por Rafael de Jesús, 2014 y Miller, 1984.

4.5.3. Descripción botánica de *Geoffroea spinosa* Jacq.

Nombre común: Almendro

Según García (2006), la especie presenta las siguientes características botánicas:

- Árbol caducifolio, frondoso, de 20 m de altura y 40 cm de DAP. Fuste cilíndrico, generalmente recto.
- Corteza negruzca, muy fisurada en forma de tabiques, presencia de espinas en las ramas.
- Hojas compuestas paripinnadas, folíolos elípticos grandes de 3,5 cm de largo y 2 cm de ancho (Figura 3).
- Flores pequeñas vistosas de color anaranjado en inflorescencias pequeñas en racimo.
- Fruto una drupa elipsoidal, carnosa, velluda, de 3 - 4 cm de largo por 2 - 2,5 cm de diámetro.

Distribución geográfica: Esta especie habita en laderas y montañas del bosque seco y crece entre 0 y 500 m s.n.m., en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja y Manabí (Jorgensen y León, 1999).

Usos: Frutos y semillas comestibles; y, madera para carpintería (Rodríguez et al, 2012).

Figura 3.

Hojas y flores de *Geoffroea spinosa*



Nota: Las figuras representan las hojas y flores de *Geoffroea spinosa*. Tomado de *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá*, por Universidad EIA, 2014.

4.5.4. Descripción botánica de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SO Grose.

Nombre común: Guayacán

Según Aguirre (2012), la especie presenta las siguientes características botánicas:

- Árbol hasta 25 m de altura. Fuste recto y cilíndrico (Figura 4).
- Corteza gris pálida a oscura, fisurada.
- Ramas subcuadrangulares, estrellado, pubescentes, glabrescentes.
- Hojas con 5 a 7 folíolos, ampliamente elípticos a oblongo-ovados, ápice abruptamente acuminado, base obtusa a truncada o asimétricamente subcordada, enteros o aserrados, lepidotos en ambas caras, a veces estrellado-pubescente en el haz, estrellado-pubescente en el envés.
- Flores en panículas, pubescentes, brácteas reducidas; cáliz campanulado, lobulado, lóbulos frecuentemente reflexos, estrellado-pubescentes; corola amarilla con máculas rojizas en la garganta, glabra por fuera.

Distribución geográfica: Árbol nativo de la Costa, Andes y Amazonía, crece en las provincias: Bolívar, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Sucumbíos y Pichincha; entre 0 - 2 000 m s.n.m. (Jorgensen y León, 1999).

Usos: Se la usa en arboricultura urbana y en cercas vivas, tiene gran capacidad de perdurar en bosques secos, además de favorecer el establecimiento de otras especies, por tanto, es usada en programas de reforestación y restauración ecológica (Calle, 2016).

Figura 4.

Árbol y flores de Handroanthus chrysanthus



Nota: Las figuras representan al árbol y las flores de la especie *Handroanthus chrysanthus*. Tomado de *Wikimedia* y *Flickr*, por Fonseca, 2006 y Pérez, 2016.

4.5.5. Descripción botánica de *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl.

Nombre común: Gualtaco

Según Aguirre (2012), la especie presenta las siguientes características botánicas:

- Árbol caducifolio, de 15 - 20 m altura, 40 cm de DAP. Fuste irregular, muy ramificado.
- Copa globosa, frondosa, con follaje casi siempre amarillento.
- Corteza lisa, color café cuando joven, cuando es adulto la corteza es marrón, se desprende en placas rectangulares. Exuda un látex cremoso que fluye en gotas gruesas.
- Hojas compuestas, alternas, imparipinnadas, de 30 - 40 cm de longitud; caducas, folíolos alargados, grandes, de base obtusa, ápice agudo, las nervaduras con presencia de pelos blanquecinos hirsutos, borde aserrado, con olor astringente que causa alergia (Figura 5).
- Flores muy pequeñas, de 3 mm de longitud, verde-blanquecino, formando espigas compuestas, axilares.

Distribución geográfica: Habita en planicies y zonas montañas del bosque seco, en las provincias de Guayas, El Oro y Loja, crece entre 0 - 2 000 m s.n.m. (Jorgensen y León, 1999).

Usos: Su madera es utilizada en cercas vivas que tienen una durabilidad por varias décadas, ya que es muy resistente al contacto con el suelo; además se utiliza para la construcción de viviendas, se lo usa como postes, vigas, astillas para las paredes y también se usa como leña. Su resina es usada en medicina como anestésico para extraer dientes en mal estado, para frotaciones reumáticas y como repelente (Aguirre, 2012).

Figura 5.

Hojas y muestra botánica de Loxopterygium huasango



Nota: Las figuras representan las hojas y una muestra botánica donde se observa las hojas de la especie *Loxopterygium huasango*. Tomado de *inaturalistEc* y *The Field Museum Natural*, por Espinoza, 2020 y Gentry y Díaz, 1987.

4.5.6. Descripción botánica de *Machaerium millei* Standl.

Nombre común: Cabo de hacha

Según Valverde (1998), la especie presenta las siguientes características botánicas:

- Árbol semicaducifolio de 10 - 12 m de alto y 20 - 25 cm de DAP.
- Fuste cilíndrico, ramificado desde la tercera parte del tamaño del árbol.
- Corteza café-oscuro, fisurada con profundas grietas longitudinales.

- Copa irregular, ramificada, con el follaje verde intenso.
- Hojas compuestas, alternas, imparipinadas, folíolos de 2 - 3 cm, color verde-oscuro (Figura 6).
- Flores en forma de mariposa, amarillas, con centro purpúreo, en inflorescencias racimosas, terminales y axilares.

Distribución geográfica: Nativa de la Costa del Ecuador, desde 0 - 800 m s.n.m., en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Los Ríos, Manabí (Jorgensen y León, 1999).

Figura 6.

Muestras botánicas de Machaerium millei



Nota: Las figuras representan a muestras botánicas con flores, hojas y frutos de la especie *Machaerium millei*. Tomado de *The Field Museum Natural*, por Haught, 1940 y Dodson y Gentry, 1980.

4.6. Conceptos y fundamentos del nicho ecológico

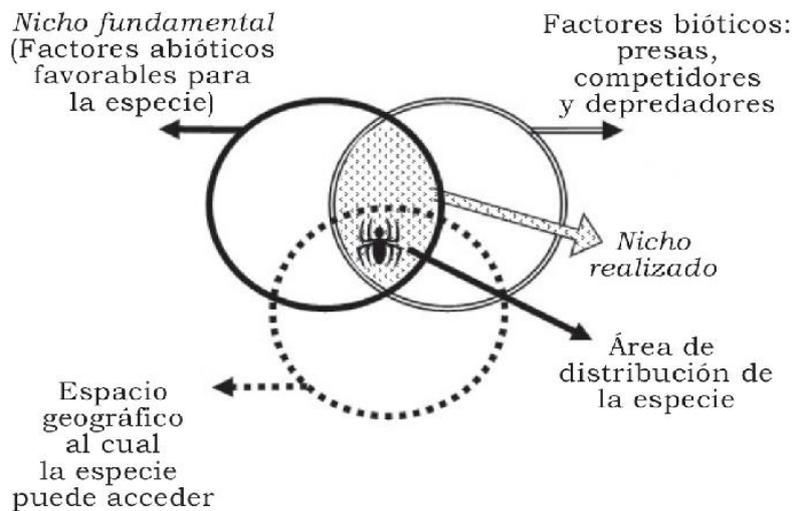
4.6.1. Nicho ecológico

El concepto de nicho Grinnelliano contempla como las características comportamentales y físicas están ajustadas al ambiente. Por su parte, Charles Elton definió el término “nicho” como el papel de una especie en la comunidad (Elton, 1927). Estas dos percepciones fueron incorporadas por Hutchinson en el año 1957, quien sugirió que el nicho ecológico es un hipervolumen en el espacio ambiental originado por la respuesta multidimensional a las variables (tanto factores abióticos como bióticos) que determinan la estabilidad de las poblaciones. El nicho ecológico está determinado por la tolerancia a los factores ambientales y los requisitos por los recursos de los individuos (Sánchez, 2021).

Hutchinson (1957) distinguió dos tipos de nicho: (1) el nicho fundamental, representado por todas las condiciones abióticas en el que una especie potencialmente podría vivir, y (2) el nicho efectivo u observado, definido como aquella fracción del hipervolumen en la cual las especies realmente se restringen debido a la presencia de interacciones bióticas con otras especies (Figura 7).

Figura 7.

Conceptualización del nicho ecológico según Hutchinson (1957)



Nota: Diagrama que representa la interacción de los factores abióticos, bióticos y geográficos que se relacionan con el área de distribución de la especie. Tomado de *ResearchGate*, por Soberón, 2007.

4.6.2. Modelado de nicho ecológico

Es un conjunto de técnicas correlativas utilizadas con el fin de identificar las condiciones ambientales donde una especie está presente, modelando la dimensión ambiental que ocupa la especie y proyectándola a la dimensión geográfica por medio de variables ambientales y datos georreferenciados de presencia (y en ocasiones ausencias) (Gay, 2021).

4.6.3. Dualidad de Hutchinson

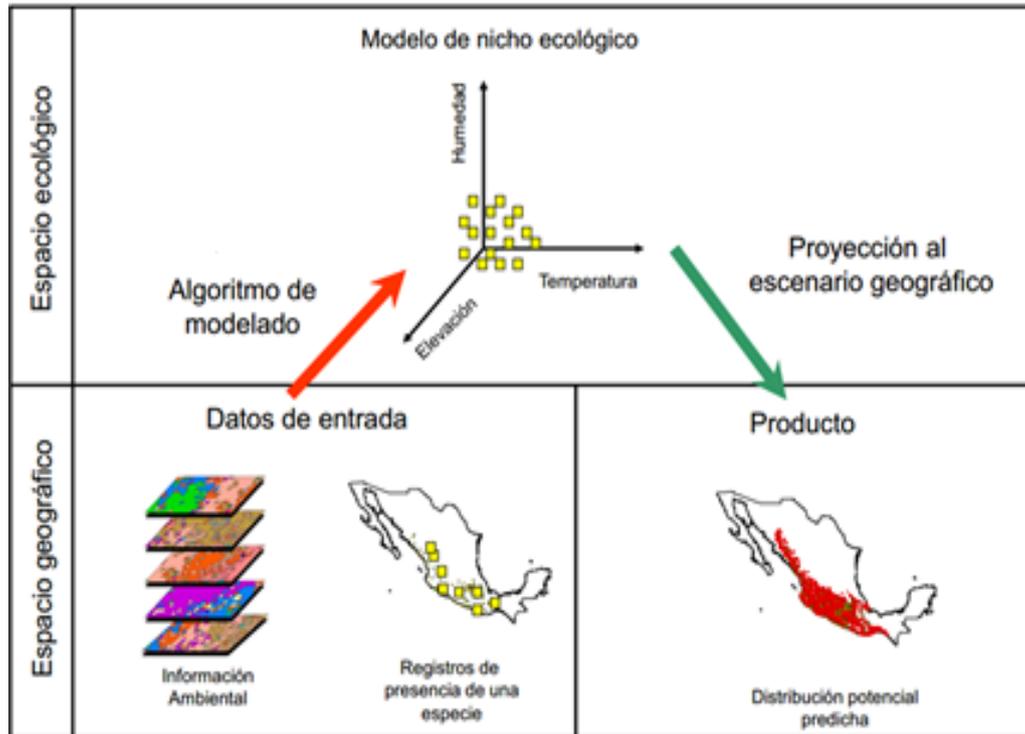
Consiste en que ambos espacios tienen una correspondencia en la que para cada punto en el espacio geográfico existe un punto en el espacio ecológico, dado por las variables ambientales. Sin embargo, un punto en el espacio ecológico puede ser encontrado en uno o más puntos del espacio geográfico. Esta dualidad ha permitido que se pueda partir desde un conocimiento geográfico de las especies (i.e. los sitios donde se han registrado) y junto con variables ambientales independientes (Ríos et al., 2020).

4.6.4. Modelo de nicho ecológico (MNE)

Los modelos de nicho ecológico (MNE) son una de las herramientas más novedosas para el análisis ecológico espacial, y consisten en la correlación de presencias/ausencias de especies o solo presencias con un fondo y unas variables ambientales predefinidas (normalmente geográficas, ambientales o topográficas) (Cruz et al., 2023). (Figura 8)

Figura 8.

Descripción esquemática del modelado de nichos ecológicos y distribuciones de especies



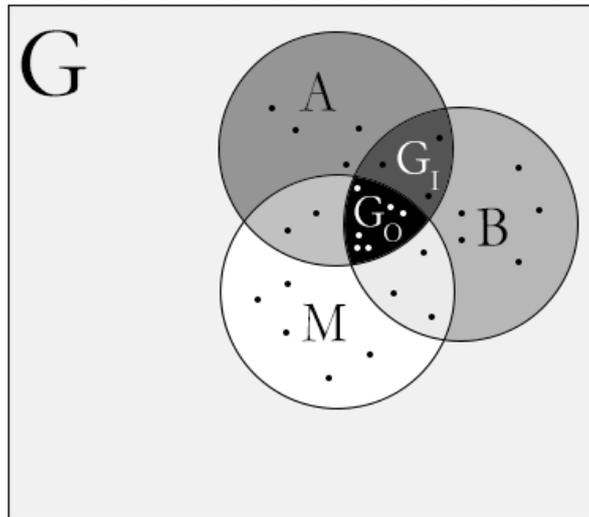
Nota: El gráfico representa los insumos que se necesitan para el modelado de nicho ecológico y su área de análisis, además los registros de presencia se representan por círculos amarillos. Tomado de *ResearchGate*, por Martínez y Sánchez, 2006.

4.6.5. Diagrama BAM

Es una representación abstracta del espacio geográfico (G) en el que se distinguen tres regiones: (A) La región donde se encuentran las condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia y reproducción de la especie, es lo que se conoce como nicho fundamental; (B) La región que contiene el ambiente biótico adecuado para la especie, considerando todas las relaciones interespecíficas; (M) La región que representa aquellos lugares que la especie ha tenido tiempo de ocupar desde un momento dado. La superposición de estas regiones abstractas permite hablar de: el área ocupada por la especie (G_0), es el espacio donde confluyen todas las regiones ecológicas descritas, esto es, el lugar con las condiciones ambientales y bióticas adecuadas que además ha sido accesible por la especie; y el área invadible (G_1), que es el espacio donde confluyen las regiones donde se producen las condiciones bióticas y ambientales propicias (Gutiérrez et al., 2016) (Figura 9).

Figura 9.

Diagrama BAM.



Nota: El gráfico representa las interacciones entre los factores bióticos (B), abióticos (A), de movimiento (M) y Go es el área ocupada por una especie. Tomado de *ResearchGate*, por Peterson et al., 2011.

4.7. Distribución de las especies

4.7.1. Área de distribución de especies

Área de distribución se refiere a “la región total dentro de la cual se presenta un taxón”, además se puede definir como “el espacio geográfico que ha sido accesible a una especie y donde las condiciones e interacciones ecológicas, a todas las escalas, favorecen la presencia de sus individuos” (Mota et al., 2019).

4.7.2. Modelos de distribución

Los modelos de distribución de especies utilizan dos tipos de información (datos primarios y secundarios) para predecir la distribución potencial de la especie o el tipo de vegetación. Los datos primarios son los sitios de colecta u observación de la especie de interés, los cuales se podrían obtener de las bases de datos de colecciones científicas o publicaciones (Naoki et al., 2006).

4.8. Modelo de nicho ecológico en MaxEnt.

Es un modelo de predicción útil y preciso, que tiene las ventajas de admitir múltiples variables, requisitos de muestra pequeña, alta flexibilidad y fácil interpretación de resultados (Xiong et al., 2004; Yuan et al., 2015).

Puede predecir con precisión los hábitats adecuados para las especies en peligro de extinción, incluso para muestras pequeñas. Es un algoritmo de aprendizaje automático que aplica el principio de máxima entropía para predecir la distribución potencial de especies a partir de datos de presencia y variables ambientales (Phillips et al., 2004).

4.9. Paquetes utilizados en el modelamiento

4.9.1. MaxEnt

Maxent es una técnica de modelado, que logra una alta precisión predictiva. El rendimiento de Maxent está influenciado por un número moderado de parámetros (Phillips y Dudík, 2008).

Posee ciertas ventajas sobre los demás modelos: solo requiere datos de presencia, contra otros modelos que requieren presencias y ausencias; su fiabilidad respecto a los demás métodos similares, especialmente con un número pequeño de muestras (Hernández et al., 2008).

4.9.2. Paquetes R Grinnell

Grinnell es un paquete de R para simular la dispersión, la colonización y la accesibilidad basándose en estimaciones de nicho. Uno de los principales algoritmos implementados aquí es la simulación de áreas accesibles a especies (M), que pueden usarse como áreas de calibración en Modelos de Nicho Ecológico (ENM) y Modelos de Distribución de Especies (SDM).

Para simular Grinnell se utiliza las mismas entradas que necesitan varios ENM y SDM: ocurrencias limpias de las especies de estudio y un conjunto de capas climáticas (rásteres) (Machado-Stredel et al., 2020).

4.9.3. Kuenm

Kuenm es un paquete R diseñado para hacer que el proceso de calibración del modelo y creación del modelo final sea más fácil, reproducible y al mismo tiempo más robusto. El objetivo de este paquete es diseñar conjuntos de modelos candidatos para crear diversas calibraciones de modelos Maxent y permitir la selección de parametrizaciones óptimas para cada estudio. Otros objetivos de este programa son facilitar la tarea de creación de modelos finales y sus transferencias, así como permitir evaluar los riesgos de extrapolación cuando se necesiten transferencias de modelos (Cobos et al., 2019).

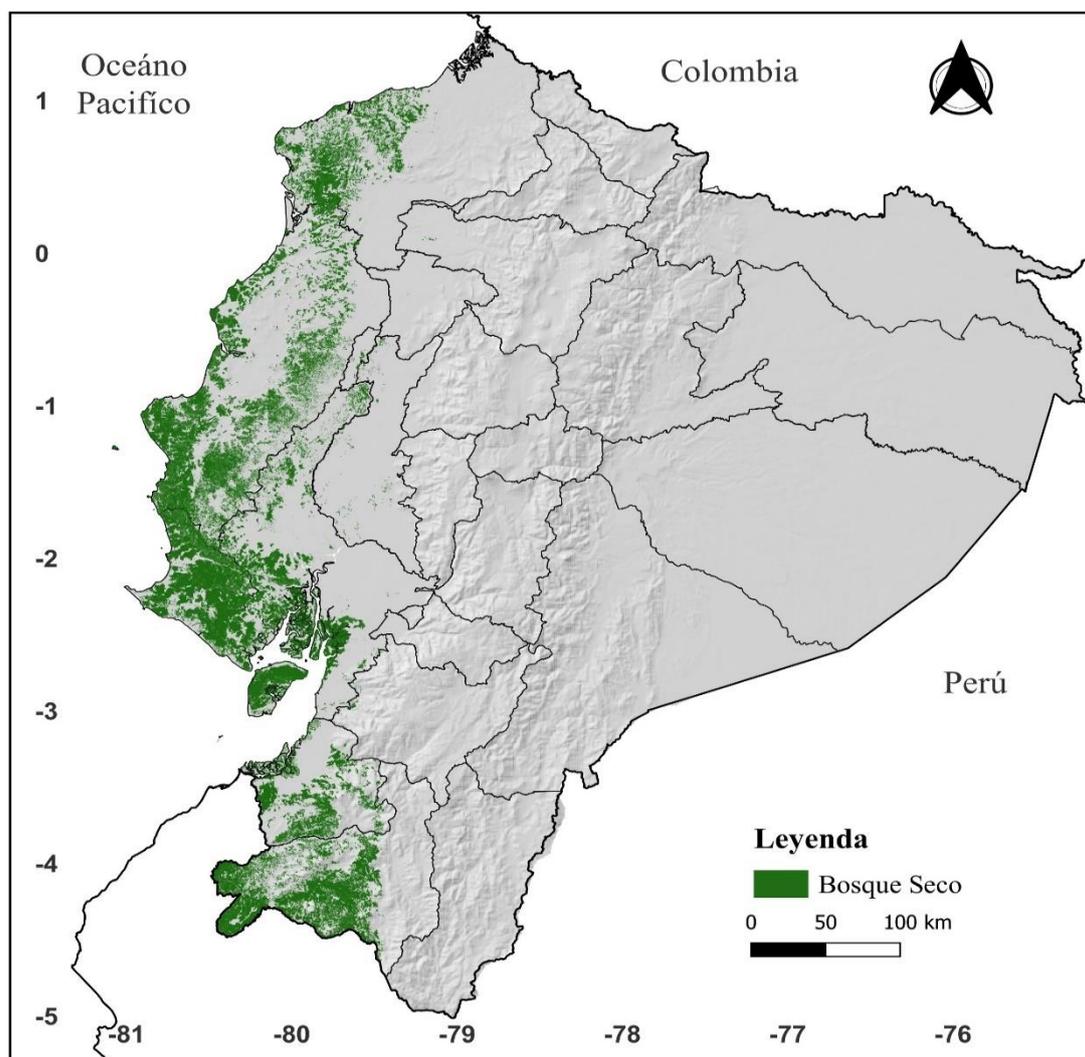
5. Metodología

5.1. Área de estudio

El área de estudio corresponde al Bosque seco (Figura 10) que se encuentran en el centro y sur de la región occidental de los Andes, en las provincias de Imbabura, Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Loja (Aguirre, 2012).

Figura 10.

Bosque Seco Ecuatoriano.



Nota: Cartografía base tomada del IGM, la cartografía temática descargada del mapa interactivo del MAE en el año 2023

El bosque seco se encuentra continuo en la costa y aislado en los valles secos en el callejón interandino, forma parte de la región tumbesina, que aproximadamente abarca 135.000 km², compartidos entre Ecuador y Perú (Aguirre et al., 2006). Este tipo de bosque es definido como formaciones vegetales donde la precipitación anual es menor a 1 600 mm con una temporada seca de al menos cinco a seis meses, la precipitación total es menos de 100 mm

(Pennington et al., 2001). El Bosque Seco se presenta entre 200 y 1 100 m s.n.m (metros sobre el nivel del mar). Se estima que, en la temporada seca, entre 25-75 % de los elementos florísticos pierde sus hojas (Aguirre et al., 2006). A nivel general, esta clase de ecosistema se localizan en distintas partes de América Latina, donde se pueden identificar mayoritariamente a lo largo de la vertiente del Pacífico, aunque también se presenta en pequeñas áreas en la vertiente del Atlántico, actualmente el bosque seco es uno de los ecosistemas más amenazados por la falta de conciencia del hombre y la falta de información sobre su potencial (Garcés, 2004). En cuanto a su vegetación está se adaptada a condiciones climáticas extremas, con precipitación anual de 400 - 600 mm (febrero a abril); temperatura media anual de 24,9 °C (Cañadas., 1983; Webber., 2009).

5.2. Metodología para determinar el área de distribución potencial de especies forestales del bosque seco ecuatoriano.

Para determinar la distribución potencial de las especies en el bosque seco ecuatoriano se adaptó la metodología de Cobos et al. (2019), la cual se detalla a continuación:

5.2.1. Selección de especies

Se seleccionó seis especies forestales considerando su importancia y representatividad, de acuerdo con las recomendaciones dadas por parte de los investigadores del Herbario Reinaldo Espinoza de la Universidad Nacional de Loja.

Especies de aprovechamiento condicionado determinadas en el Acuerdo Ministerial # 244 del año 2007 para el bosque seco ecuatoriano (Tabla 2).

Alseis eggersii, fue seleccionada desde el punto de vista de servicios ecosistémicos, se usa la madera para elaborar muebles (Molina et al., 2022).

Cordia alliodora, fue seleccionada desde el punto de vista de servicios ecosistémicos porque su madera es utilizada en construcción, muebles, vigas, puentes, cubiertas de barcos, construcción de interiores y exteriores, contrachapados, es muy buena para la producción de pulpa de papel. Se lo utiliza en la agroforestería como componente leñoso entre los cultivos de cacao, banano y café (Velásquez, 1998).

Geoffroea spinosa, fue elegida debido a que la madera se utiliza en construcciones, carpintería, leña y carbón. La corteza sirve para hacer moldes de queso. Las hojas son utilizadas como forrajes. Los frutos comestibles y usados como forraje (García, 2006). La cocción de las hojas y frutos alivia las molestias del reumatismo. Apta para SAF (Sistema Agroforestal).

Handroanthus chrysanthus, fue seleccionada desde el punto de vista de servicios ecosistémicos debido a que la madera es utilizada para ebanistería, mueblería, parquet, estructuras y construcciones rurales. Las hojas y flores secas son forraje para ganado vacuno y

caprino. Las flores en infusión se usan como tratamiento de la hepatitis. La corteza en cocción ayuda a aliviar la osteoporosis (Moto, 2005).

Loxopterygium huasango, debido a que su madera es extremadamente dura al ambiente y agua, se usa para la elaboración de parquet, mueblería, en construcciones rurales, vigas, puntales, artesanía y leña. La resina que exuda sirve para frotaciones como anestésico, repelente y para extraer los dientes en mal estado (Aguirre, 2012).

Machaerium millei, fue seleccionada desde el punto de vista de servicios ecosistémicos porque la madera es dura se usa para construcciones, pilares, cabos de herramienta, postes y leña. Las hojas, flores y frutos son forraje para caprinos y vacunos. Especie potencial para implementar SAF, por fijar nitrógeno y proveer de sombra (Aguirre, 2012).

Tabla 2.

Listado de especies seleccionadas

Nombre común	Nombre científico	Distribución por provincias	Fuente
Palo de vaca	<i>Alseis eggersii</i> Standl.	El Oro, Guayas, Manabí	
Laurel costeño	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken.	El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Morona Santiago, Napo y Pastaza	
Almendro o seca	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja y Manabí	(Aguirre, 2012; Jorgensen y León, 1999)
Guayacán	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) SO Grose.	Bolívar, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Sucumbíos y Pichincha	
Gualtaco o guasango	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	Guayas, El Oro y Loja	
Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i> Standl.	Loja, El Oro, Guayas, Los Ríos, Manabí	

5.2.2. Obtención de los registros

Los puntos de presencia de cada especie seleccionada se recolectaron a través de bases de datos facilitados por Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/occurrence/search>) Base Nacional de Datos Biodiversidad del Ecuador

(<https://bndb.sisbioecuador.bio/bndb/projects/index.php>) y de los registros botánicos que se encuentran dentro del Herbario “Reinaldo Espinoza” de la Universidad Nacional de Loja.

5.2.3. Variables bioclimáticas

Las variables climáticas (Tabla 3) utilizadas en la presente investigación pertenecen a la base de datos de WorldClim versión 2.0 (Fick et al., 2017), excluyendo las variables que combinan temperatura y precipitación para Bio 8, Bio 9, Bio 18, y Bio 19 con la finalidad de disminuir la incertidumbre además de que combina información de precipitación y temperatura en la misma capa (Escobar et al., 2014).

Tabla 3.

Listado de variables bioclimáticas

Código	Variable bioclimática
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango Diurno Medio
BIO3	Isotermalidad (BIO2 / BIO7) ($\times 100$)
BIO4	Estacionalidad de temperatura (desviación estándar $\times 100$)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de precipitación (Coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío

Nota: Esta tabla muestra las variables bioclimáticas que representan tendencias anuales, estacionalidad y factores ambientales extremos o limitantes.

5.2.4. Filtrado de datos de ocurrencia de las especies

Para el depurado y filtrado de la información de la información se utilizaron software como R-RStudio (RStudio Team, 2020; R Core Team, 2021) y ArcGis 10.5 (ESRI, 2019), este proceso se lo implementó para cada especie y se lo dividió en tres fases descritas a continuación:

5.2.4.1. Primera Fase: Depuración de registros sin coordenadas, coordenadas duplicadas y coordenadas con valores de cero.

Mediante el software RStudio se procedió a eliminar las columnas que contenían la siguiente información: nombre científico de la especie, longitud y latitud de los registros obtenidos de la Base de Datos de Biodiversidad del Ecuador (<https://bndb.sisbioecuador.bio/bndb/projects/index.php>); además se eliminaron aquellos registros que no contenían coordenadas, sus coordenadas eran duplicadas y coordenadas con valores de cero.

5.2.4.2. Segunda Fase: Depuración de datos atípicos

Se realizó una investigación bibliográfica y también una consulta a investigadores del Herbario Reinaldo Espinoza de la Universidad Nacional de Loja, posteriormente se utilizó RStudio para extraer los datos de altitud de la capa de elevación de WorldClim (Fick et al., 2017), dependiendo de los puntos de presencia de cada una de las especies. Finalmente, se descartaron los datos atípicos en base a los umbrales altitudinales mínimos y máximos de cada una de las especies seleccionadas (Tabla 4).

Tabla 4.

Rangos altitudinales de las especies estudiadas

Nombre científico	Nombre común	Rango altitudinal seleccionado (m s.n.m)
<i>Alseis eggersii</i> Standl.	Palo de vaca	0 - 1 000
<i>Cordea alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken.	Laurel costeño	0 - 2 000
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Almendro	0 - 1 000
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) SO Grose.	Guayacán	0 - 2 000
<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	Gualtaco	0 - 2 000
<i>Machaerium millei</i> Standl.	Cabo de hacha	0 - 1 000

5.2.4.3. Tercera Fase: Análisis de heterogeneidad

Se utilizó la herramienta SDMtoolbox instalada en el software ArcGis 10.5, que nos permitió obtener la heterogeneidad climática de cada una de las especies seleccionadas.

A continuación, se realizó un análisis de los componentes principales (PCA) de las 15 capas de WorldClim, generando el raster que representa el espacio climático de la vertiente del Pacífico, después se procedió a calcular la heterogeneidad climática del raster generado previamente.

Seguidamente, se eliminaron los registros con una correlación espacial y climática, disminuyendo los datos de presencia a uno solo dentro de una distancia en específica. Después de este análisis se establecieron tres zonas de la heterogeneidad de las variables bioclimáticas, asignado un valor máximo y mínimo en la herramienta. Para las zonas con menor heterogeneidad se asignó una distancia máxima de 10 km y una distancia mínima de 2 km, mientras que para zonas con mayor heterogeneidad se utilizó una distancia máxima de 5 km y una mínima de 1 km. Este proceso es de gran importancia para calibrar y evaluar los modelos finales.

5.2.5. Variables Last Glacial Maximun (LGM)

Las variables LGM se descargaron desde la base de datos de WorldClim, variables desarrolladas bajo el Modelo de sistema climático comunitario versión 4 (CCSM4) con una resolución espacial de 2.5 minutos (Raster), se recortaron las variables bioclimáticas mediante el polígono de vertiente del Pacífico, las variables de precipitación y temperatura (bio 8, bio 9, bio 18 y bio 19), se excluyeron. Al incorporar estas variables se obtuvo una simulación climática de años anteriores, y se crearon las áreas de calibración del modelo.

5.2.6. Determinación de las áreas de calibración de las especies

Las capas de las variables bioclimáticas de WorldClim (Fick y Hijmans, 2017) fueron recortadas de acuerdo a las áreas de calibración para cada una de las especies generadas a partir de puntos de presencia filtrados de las especies.

5.2.7. Selección de variables bioclimáticas

Al seleccionar las variables bioclimáticas se realizó un análisis de correlación ($r < 0,8$), contribución, permutación y una prueba “Jackknife” a través de Rstudio, mediante el paquete “ellipsenm” (Cobos et al., 2020) y “kuenm” (Cobos et al., 2019). Por medio de este proceso se determinó la contribución de cada una de las variables al modelo de distribución final.

5.2.8. Generación de modelos

Para la calibración y generación de estos modelos se utilizaron diferentes valores de background por cada especie, esto en función del tamaño de su área de calibración M, número y distribución espacial de los registros de presencia.

Así, la configuración resultó de la siguiente manera: *Alseis eggersii*, *Geoffroea spinosa* y *Loxopterygium huasango* 5 000 puntos; en cambio, para *Cordia alliodora*, *Handroanthus chrysanthus* y *Machaerium millei* 10 000 puntos. Los multiplicadores de regularización utilizados fueron: 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4 junto con cinco combinaciones de funciones de característica lineal-cuadrática (lq), lineal-producto (lp), cuadrática (q), cuadrática-producto (qp) y lineal-cuadrática-producto (lqp).

El ajuste de los mejores modelos candidatos se lo realizó en función de los resultados calculados por KUEM, en el cual utilizó las siguientes estadísticas: ROC parcial, tasa de omisión y el criterio de información Akaike (AICc); posteriormente, se obtuvo el modelo final, el cual se reclasificó en valores binarios utilizando diferentes umbrales estadísticos por especie, permitiendo la determinación de las áreas de distribución potencial y a su vez el área adecuación de la especie.

Finalmente, mediante el software SAGA GIS se usó un majority filter al área de adecuación, y posteriormente con la herramienta raster calculation del software QGIS 3.22.14 se eliminaron todos los píxeles de adecuación que se encontraban fuera del rango altitudinal establecido de la especie.

5.2.9. Validación de modelos por parte de los especialistas

Los modelos resultantes fueron analizados por varios especialistas botánicos de la Universidad Nacional de Loja, cada uno de los especialistas contó con los siguientes materiales: Mapa de modelo de distribución de la especie y una plantilla para analizar cada modelo y proceder a proporcionar comentarios e indicaciones en cuanto al rango altitudinal; además de indicar, si este era o no correcto. Finalmente, los especialistas consideraron y descartaron las zonas no aptas para cada una de las especies, además señalaban si existía exactitud en el patrón espacial del modelo, mediante estos comentarios propuestos por los especialistas se logró mejorar los modelos de cada especie, integrando los rangos altitudinales más precisos y descartando zonas no adecuadas.

5.2.10. Perfil bioclimático

En QGIS 3.22.14 se utilizó la herramienta Raster values to points, para realizar el cálculo estadístico de los valores de la capa ráster (Área de adecuación final de la especie). Por medio de RStudio se realizó diagramas de cajas con datos estadísticos (mínimo, máximo y promedio) de elevación (m s.n.m.), temperatura media anual (°C) y precipitación anual (mm).

5.3. Metodología para establecer las áreas de distribución potencial afectadas por patrones de deforestación e incendio forestales.

5.3.1. Datos de deforestación e incendios forestales

A través de la plataforma del SUIA - Mapa Interactivo Ambiental del Ministerio del Ambiente del Ecuador se adquirió los datos de deforestación de los siguientes periodos 1990 – 2000, 2000 – 2008, 2008 – 2014, 2014 – 2016, 2016 – 2018, 2018 – 2020.

Para obtener los datos de los incendios forestales se descargó desde la plataforma Active Fire Data (datos de fuegos activos) de la NASA del período 2001 - 2023. Estos datos son

percibidos por los sensores MODIS acoplados en los satélites Terra y Aqua, estos datos corresponden a quemas de agricultura, incendios forestales, etc.

5.3.2. Preparación de las áreas de adecuación

Por medio de los modelos binarios de la distribución potencial de las especies y el shape de la división político-administrativa por provincias de Ecuador, se realizó un análisis en el que se descartaron las provincias que presentan un área de adecuación producto de la extrapolación del modelo en donde actualmente no se ha registrado la especie.

Con la ayuda de QGIS 3.22.14 se seleccionó y recortó el bosque nativo de los mapas de Cobertura y Uso de la Tierra (CUT) de los años 1990, 2000, 2008, 2014, 2016, 2018 y 2020 con base al área de adecuación producto del análisis anterior, para cada una de las especies.

5.3.3. Filtrado de datos de fuegos activos

Con RStudio se realizó una intersección entre los fuegos activos y el shapefile buffer (5km) de los centroides de volcanes con el objetivo de excluir las zonas volcánicas.

Además, se procedió a excluir los fuegos de baja confianza, es decir, aquellos que presentan valores por debajo del 30 % de confiabilidad, en los satélites Terra y Aqua se descartaron los FA con categoría 1, 2, y 3 dado que estos no son incendios de tipo vegetación. Finalmente se excluyó los registros del año 2000 debido a que este año no cuenta con información de los diez primeros meses del año.

5.3.1. Determinación de fuegos activos en las áreas de distribución de las especies y análisis la deforestación en las áreas de distribución de las especies.

Primero se agrupó los fuegos activos según el periodo de ocurrencia 2000 - 2008, 2008 - 2014, 2014 - 2016, 2016 - 2018, 2018 - 2020, 2020 - 2023 después esta información se interceptó con los bosques nativos de las áreas de adecuación de cada una de las especies, además se calculó la densidad tomando en cuenta la frecuencia de fuegos activos anteriormente calculados y la superficie en km² de los bosques nativos de las áreas de adecuación por especie.

Con los registros totales de fuegos activos de cada especie para el periodo 2001 - 2022, se efectuó una serie temporal de frecuencia mensual, a través de RStudio, además se utilizó el test Mann-Kendall (MK) del paquete “trend”, para establecer si la tendencia es positiva o negativa de la serie temporal (Pohlert, 2020).

Del mismo modo, se aplicó el test “Sen`s Slope”, estableciendo un nivel de confianza de 95 %, con el paquete “trend” anteriormente utilizado, con el fin de determinar la magnitud de las tendencias positivas o negativas (Pohlert, 2020).

Se realizó la descomposición de la serie temporal a través del método Descomposición Estacional y de Tendencias con Loess (STL) del paquete “stats”, con la finalidad de graficar la

frecuencia, estacionalidad que es la que obtiene aquellos comportamientos de tipo regular y repetitivos en un periodo determinado, la tendencia que representa la evolución de la serie temporal a lo largo de un periodo y los residuos que muestran los cambios históricos a lo largo del tiempo.

Además, por medio de RStudio se determinó la superficie (ha) del bosque nativo de las áreas de adecuación de cada especie para los años 1990, 2000, 2008, 2014, 2016, 2018, 2020.

Finalmente se determinó la deforestación a nivel provincial por medio de la intersección del bosque nativo con las áreas de adecuación de cada especie.

6. Resultados

6.1. Modelamiento de las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano.

6.1.1. Filtrado de puntos de ocurrencia de las especies

En la Tabla 5, se detallan el número de registros de cada especie y los filtros aplicados: Filtro 1 corresponde a registros excluidos; aquellos con coordenadas cero, coordenadas duplicadas y sin coordenadas, el Filtro 2 - excluye los registros que están fuera del rango altitudinal de la especie y Filtro 3 - corresponde al análisis de heterogeneidad climática.

Tabla 5.

Especies forestales y número de registros utilizados en el modelamiento de adecuación ambiental.

Especie	Registros iniciales			Registros totales	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
	GBIF	BNDB	Herbario Reinaldo Espinosa				
<i>Alseis eggersii</i>	69	98	0	167	34	21	8
<i>Cordia alliodora</i>	187	642	9	838	247	117	60
<i>Geoffroea spinosa</i>	109	204	12	325	100	64	24
<i>Handroanthus crisanthus</i>	170	382	8	560	204	118	50
<i>Loxopterygium huasango</i>	36	88	13	137	50	44	18
<i>Machaerium millei</i>	195	261	24	480	131	86	28

Nota: Esta tabla muestra los registros de presencia obtenidos de las bases GBIF, BNDB, Herbario y el número de registros finales luego de pasar por tres filtros.

6.1.2. Estadísticas de calibración de los modelos

En la Tabla 6, se muestra el rendimiento de los modelos evaluados que cumplieron con los criterios de significancia estadística (Partial_ROC), la tasa de omisión (OR) y el criterio de información Akaike corregido para los tamaños de muestra pequeños (AICc).

Tabla 6.

Resultado de la calibración de los modelos de las especies evaluadas

Criterios	Especie						
	<i>Alseis eggersii</i>	<i>Cordia alliodora</i>	<i>Geoffroea spinosa</i>	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	<i>Loxopterygium huasango</i>	<i>Machaerium millei</i>	
Todos los modelos candidatos	2958	4851	784	784	784	2058	
Modelos estadísticamente significativos	2025	4723	783	784	784	2058	

<i>Criterios</i>	Especie					
	<i>Alseis eggersii</i>	<i>Cordia alliodora</i>	<i>Geoffroea spinosa</i>	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	<i>Loxopterigium huasango</i>	<i>Machaerium millei</i>
Modelos que cumplen con los criterios de tasa de omisión	77	826	556	670	242	2000
Modelos que cumplen los criterios AICc	723	15	1	16	60	3
Modelos estadísticamente significativos que cumplen con los criterios de tasa de omisión	44	698	555	670	242	2000
Modelos estadísticamente significativos que cumplen los criterios AICc	694	15	1	16	60	3
Modelos estadísticamente significativos que cumplen con la tasa de omisión y los criterios AICc	28	33	10	13	8	3

Para la especie de *Cordia alliodora* se generó 4 851 modelos candidatos totales, para *Alseis eggersii* se generó 2 958 modelos candidatos totales, mientras que para *Machaerium millei* se generó 2 058 modelos candidatos totales, finalmente para las especies *Geoffroea spinosa*, *Handroanthus chrysanthus*, *Loxopterigium huasango* se generaron 784 modelos candidatos, al generar estos modelos se tomó en cuenta la combinación de los multiplicadores de regularización, clases de características y ls variables bioclimáticas seleccionadas para cada especie.

Todas las especies estudiadas obtuvieron modelos estadísticamente significativos que cumplen con la tasa de omisión y los criterios AICc, estos modelos seleccionados son los utilizados para obtener el modelo final de cada especie. En el caso de *Alseis eggersii* 28 modelos cumplieron todos los criterios estadísticos, *Cordia alliodora* obtuvo 33 modelos, *Geoffroea spinosa* 10 modelos, *Handroanthus chrysanthus* 13 modelos, *Loxopterigium huasango* 8 modelos y *Machaerium millei* con 3 modelos estadísticamente significativos.

6.1.3. Modelos seleccionados

Los parámetros estadísticos de los modelos que mejor se ajustan se encuentran en la Tabla 7, los modelos estadísticamente significativos resultaron del proceso de calibración, a partir de las combinaciones de seis multiplicadores de regularización (0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4); cinco combinaciones de tres clases entidad linear-cuadrático (lq), producto linear (lpm), cuadrático (q), producto cuadrático (sp) y producto linear-cuadrático (lqp). Además, también se encuentran las variables bioclimáticas seleccionadas.

Tabla 7.*Parámetros de los modelos más significativos resultantes de la calibración*

Especie	Multiplicador de Regularización	Clases de entidad	Variables bioclimáticas
<i>Alseis eggersii</i>	0,5; 1; 0,75; 2; 3	q, lqp, lq, lp, l, qp	Bio 2, 4, 10, 13, 15, 17
<i>Cordia alliodora</i>	0,25;0,75;0,5; 1;0,1; 2; 3	lq, lp, lqp, l, p, q	Bio 2, 4,10, 13, 14, 15
<i>Geoffroea spinosa</i>	0,1;0,25; 2	qp, lq, lp, lqp	Bio 2, 4, 6, 12, 17
<i>Handroanthus crisanthus</i>	0,5;0,1;0,25; 0,75; 1; 2	p, lq, p, lqp, p, lp,	Bio 1, 2, 4, 13, 17
<i>Loxopterygum huasango</i>	0,5;0,75; 1	p, qp, lqp	Bio 4, 5, 7, 12, 17
<i>Machaerium millei</i>	0,25	qp, lqp, lq	Bio 4, 6, 7, 12, 15, 17

Nota: Funciones de característica linear-cuadrática (lq), linear-producto (lp), cuadrática (q), cuadrática-producto (qp) y linear-cuadrática-producto (lqp).

Para *Alseis eggersii* durante el proceso de calibración se seleccionaron veintiocho modelos, con multiplicadores de regulación de 0,5; 1; 0,75; 2; 3 y seis clases de características q, lqp, lq, lp, l, qp. Las variables bioclimáticas bio 2, bio 4, bio 10, bio 13, bio 15, bio 17 fueron las que determinaron finalmente el área de adecuación de la especie.

Para *Cordia alliodora* durante el proceso de calibración se seleccionaron treinta y tres modelos, con multiplicadores de regulación de 0,25; 0,75; 0,5; 1; 0,1; 2; 3 y seis clases de características lq, lp, lqp, l, p, q. Las variables bioclimáticas bio 2, bio 4, bio 10, bio 13, bio 14, bio 15 fueron las que determinaron finalmente el área de adecuación de la especie.

Para *Geoffroea spinosa* durante el proceso de calibración se seleccionaron diez modelos, con multiplicadores de regulación de 0,1; 0,25; 2 y cuatro clases de características qp, lq, lp, lqp. Las variables bioclimáticas bio 2, bio 4, bio 6, bio 12, bio 17 fueron las que determinaron finalmente el área de adecuación de la especie.

Para *Handroanthus crisanthus* durante el proceso de calibración se seleccionaron trece modelos, con multiplicadores de regulación de 0,5; 0,1; 0,25; 0,75; 1; 2 y seis clases de características p, lq, p, lqp, p, lp. Las variables bioclimáticas bio 1, bio 2, bio 4, bio 13, bio 17 fueron las que determinaron finalmente el área de adecuación de la especie.

Para *Loxopterygum huasango* durante el proceso de calibración se seleccionaron ocho modelos, con multiplicadores de regulación de 0,5; 0,75; 1 y tres clases de características p, qp,

lqp. Las variables bioclimáticas bio 4, bio 5, bio 7, bio 12, bio 17, fueron las que determinaron finalmente el área de adecuación de la especie.

Para *Machaerium millei* durante el proceso de calibración se seleccionaron tres modelos, con multiplicadores de regulación de 0,25 y tres clases de características qp, lqp, lq. Las variables bioclimáticas bio 2, bio 4, bio 6, bio 12, bio 17 fueron las que determinaron finalmente el área de adecuación de la especie.

6.1.4. Áreas de adecuación de las especies

La figura 11 muestra la idoneidad de distribución de las especies representada por una escala de colores los cuales son azul y rojo, donde rojo indica el máximo de idoneidad con valores cercanos a 1 y azul zonas no idóneas con valores cercanos a 0, sobre este se encuentra el polígono del área de adecuación de las especies. Además, en la figura 11 se muestra la mediana de las réplicas de cuyos modelos seleccionados cumplen con los criterios de evaluación (Tasa de omisión, AICc y ROC parcial). El área de adecuación para cada especie se encuentra en la región costa.

Figura 11.

Modelo de distribución de las especies. A) Alseis eggersii B) Cordia alliodora C) Geoffroea spinosa D) Handroanthus chrysanthus E) Loxopterygium huasango F) Machaerium millei

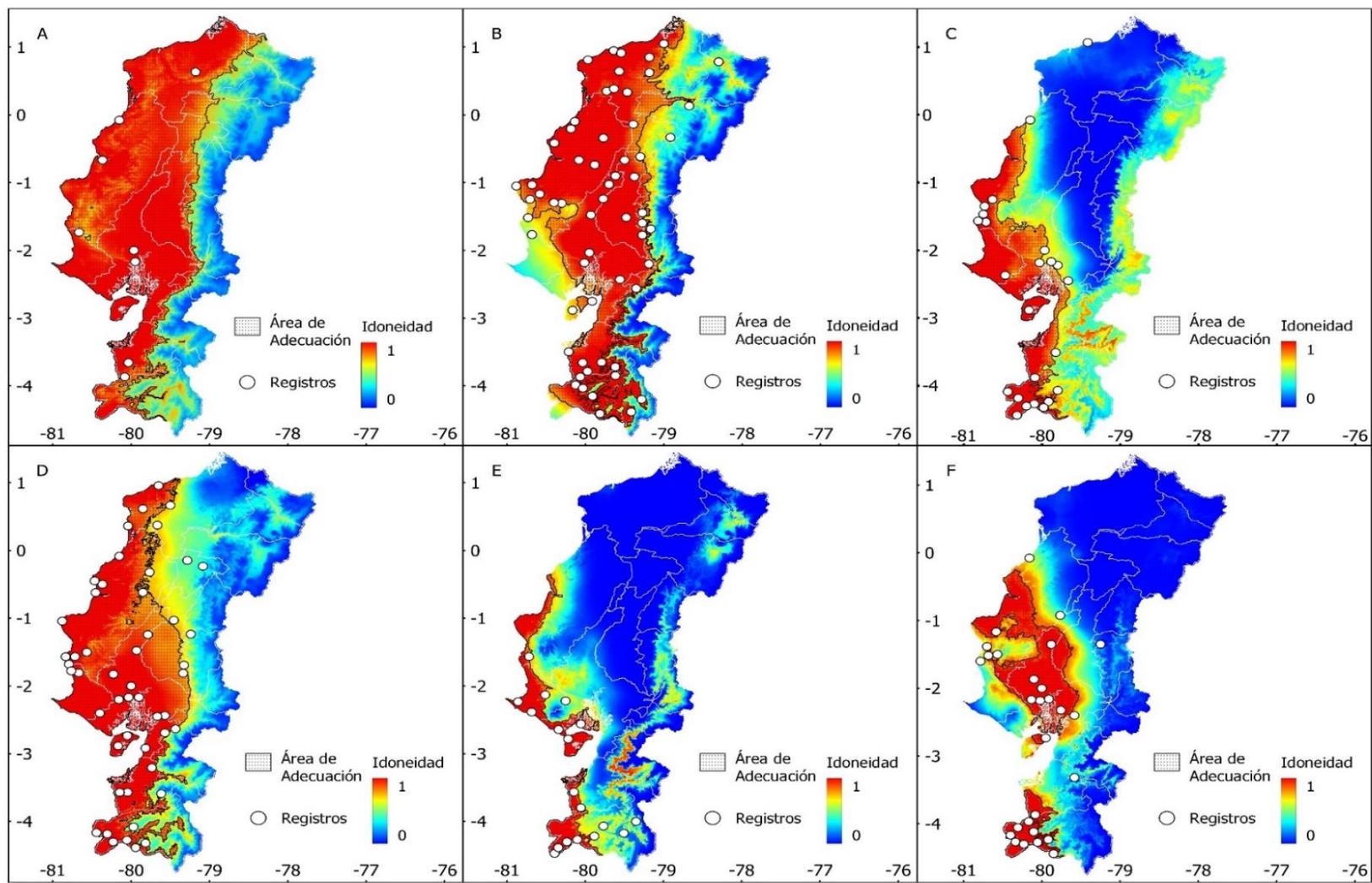


Tabla 8.

Superficie de las áreas de adecuación de las especies forestales a nivel provincial, expresadas en hectáreas y porcentaje.

Nombre científico	Provincias	(Ha)	(%)
<i>Alseis eggersii</i>	Azuay	49 989	0,69
	Bolívar	54 055	0,74
	Cañar	46 937	0,64
	Carchi	38 543	0,53
	Cotopaxi	58 482	0,80
	Chimborazo	5 709	0,08
	El Oro	398 217	5,47
	Esmeraldas	1 406 404	19,33
	Guayas	1 525 968	20,97
	Imbabura	6 121	0,08
	Loja	299 414	4,11
	Los Ríos	706 613	9,71
	Manabí	1886 572	25,92
	Pichincha	136 484	1,88
	Santo Domingo de los Tsáchilas	216 771	2,98
Santa Elena	367 254	5,05	
Zona no Delimitada	73 861	1,01	
<i>Cordia alliodora</i>	Azuay	136 986	2,09
	Bolívar	95 172	1,45
	Cañar	66 523	1,01
	Cotopaxi	42 246	0,64
	Chimborazo	9 676	0,15
	El Oro	479 698	7,30
	Esmeraldas	1 099 446	16,74
	Guayas	1 321 548	20,12
	Imbabura	13 633	0,21
	Loja	637 022	9,70
	Los Ríos	693 392	10,56
	Manabí	1 664 938	25,35
	Pichincha	120 285	1,83
	Santo Domingo de los Tsáchilas	101 751	1,55
	Santa Elena	9 031	0,14
Zona no Delimitada	75 417	1,15	
<i>Geoffroea spinosa</i>	El Oro	269 697	12,29
	Guayas	675 459	30,77
	Loja	265 237	12,08
	Manabí	616 674	28,09
	Santa Elena	368 072	16,77
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Azuay	54 002	1,05
	Bolívar	719	0,01
	Cañar	31 966	0,62

	El Oro	401 795	7,80
	Esmeraldas	341 660	6,63
	Guayas	1 483 037	28,80
	Loja	406 903	7,90
	Los Ríos	454 186	8,82
	Manabí	1 592 808	30,93
	Santa Elena	368 072	7,15
	Zona no Delimitada	14 923	0,29
<i>Loxopterygium huasango</i>	El Oro	91 875	9,89
	Guayas	194 616	20,95
	Loja	214 592	23,10
	Manabí	207 548	22,34
	Santa Elena	220 471	23,73
<i>Machaerium millei</i>	El Oro	85 301	4,57
	Guayas	813 250	43,53
	Loja	266 783	14,28
	Los Ríos	107 294	5,74
	Manabí	578 417	30,96
	Santa Elena	17 272	0,92

6.1.4.1. Área de adecuación de *Alseis eggersii*

En la Figura 11 se muestra el mapa de idoneidad de *Alseis eggersii*, sobre este se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie el cual consideró valores de idoneidad superiores a 0,69. El rango altitudinal utilizado para esta especie esta desde los 0 a 1 000 m s.n.m. y las zonas con mayor idoneidad se sitúan en la región costa principalmente en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas y El Oro.

6.1.4.2. Área de adecuación de *Cordia alliodora*

En la Figura 11 se muestra la idoneidad de distribución de *Cordia alliodora*, sobre este se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie el cual consideró valores de idoneidad superiores a 0,63. El rango altitudinal utilizado para esta especie esta desde los 0 a 2 000 m s.n.m y las zonas que presentan mayor idoneidad se sitúan en las provincias de Esmeraldas, El Oro, Manabí y Loja.

6.1.4.3. Área de adecuación de *Geoffroea spinosa*

En la Figura 11, se muestra la idoneidad de distribución de *Geoffroea spinosa*, sobre este se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie el cual consideró valores de idoneidad superiores a 0,67. El rango altitudinal utilizado para esta especie está desde los 0 a 1 000 m s.n.m. y las zonas que presentan mayor idoneidad se sitúan en las provincias de Santa Elena y Loja.

6.1.4.4. Área de adecuación de *Handroanthus crisanthus*

En la Figura 11, se muestra la idoneidad de distribución de *Handroanthus crisanthus*, sobre este se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie el cual consideró valores de idoneidad superiores a 0,65. El rango altitudinal utilizado para esta especie esta desde los 0 a 2 000 m s.n.m. y las zonas que presentan mayor idoneidad se sitúan en las provincias de Santa Elena, Guayas y El Oro.

6.1.4.5. Área de adecuación de *Loxopterygium huasango*

En la Figura 11, se muestra la idoneidad de distribución de *Loxopterygium huasango*, sobre este se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie; el cual, consideró valores de idoneidad superiores a 0,63. El rango altitudinal utilizado para esta especie esta desde los 0 a 3 200 m s.n.m. y las zonas que presentan mayor idoneidad se sitúan en las provincias de Santa Elena y Loja.

6.1.4.6. Área de adecuación de *Machaerium millei*

En la Figura 11, se muestra la idoneidad de distribución de *Machaerium millei*, sobre este se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie; el cual, consideró valores de idoneidad superiores a 0,56. El rango altitudinal utilizado para esta especie esta desde los 0 a 1 000 m s.n.m. y las zonas que presentan mayor idoneidad se sitúan en las provincias de Loja y Guayas.

6.1.5. Perfil bioclimático

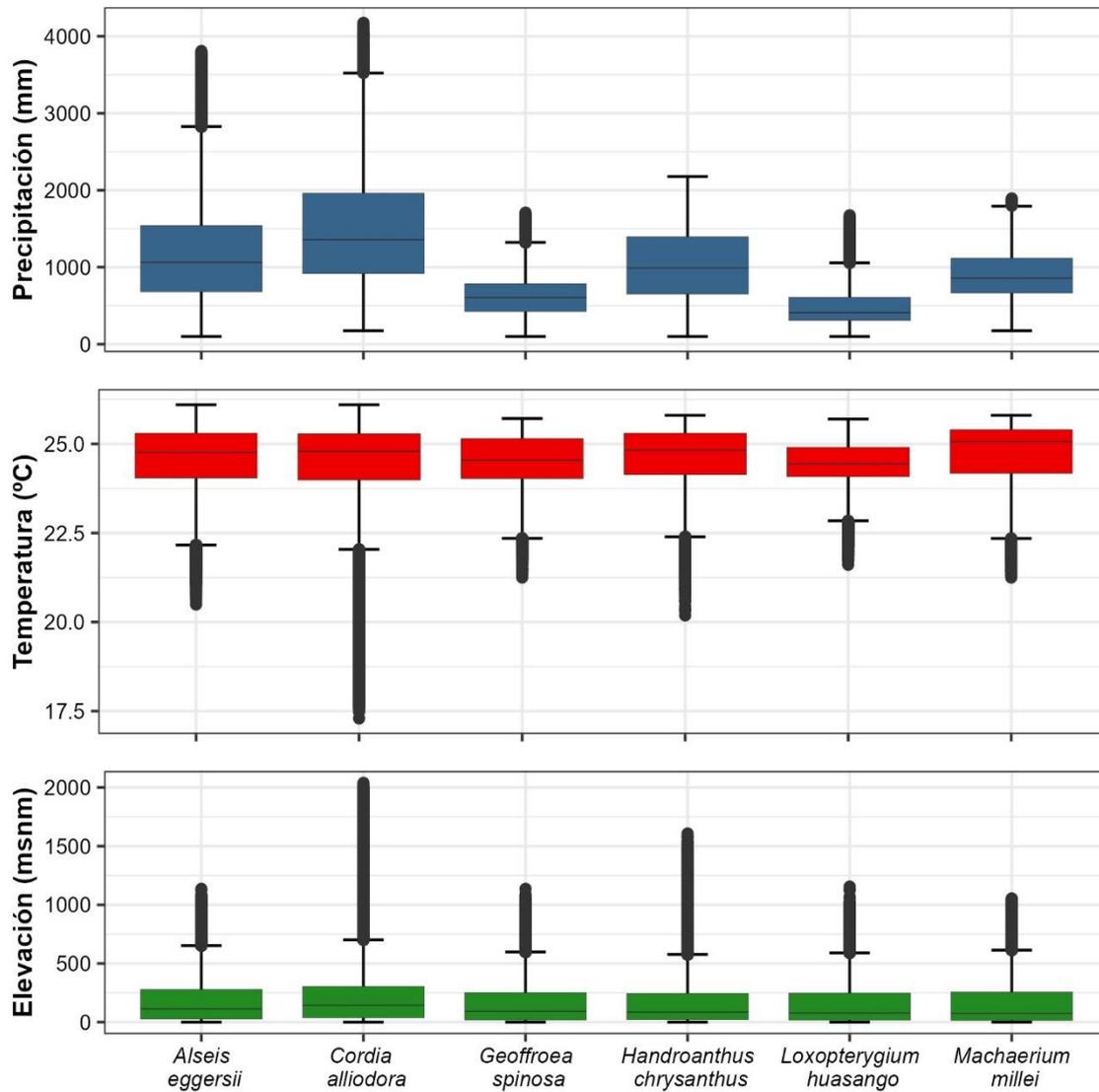
Considerando la precipitación, *Alseis eggersii* presenta mayor idoneidad en zonas con precipitaciones medianas de 1 063 mm, *Cordia alliodora* de 1 358 mm, *Geoffroea spinosa* de 605 mm, *Handroanthus crisanthus* de 988 mm, *Loxopterygium huasango* de 409 mm y *Machaerium millei* de 857 mm anuales (Figura 12).

En cuanto a la temperatura *Alseis eggersii* presentan mayor idoneidad en zonas con temperaturas medianas de 24,8 °C, *Cordia alliodora* de 24,8 °C, *Geoffroea spinosa* de 24,5 °C, *Handroanthus crisanthus* de 24,8 °C, *Loxopterygium huasango* de 24,4 °C y *Machaerium millei* de 25,1 °C (Figura 12).

Finalmente, con respecto al perfil altitudinal, *Alseis eggersii* presentó un rango altitudinal con una mediana de 112 m s.n.m.; *Cordia alliodora* de 144 m s.n.m.; *Geoffroea spinosa* de 93 m s.n.m.; *Handroanthus chrysanthus* de 86 m s.n.m.; *Loxopterygium huasango* de 79 m s.n.m. y *Machaerium millei* de 75 m s.n.m. (Figura 12).

Figura 12.

Perfil bioclimático de las áreas de adecuación de las especies forestales.



6.2. Estimación de las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales

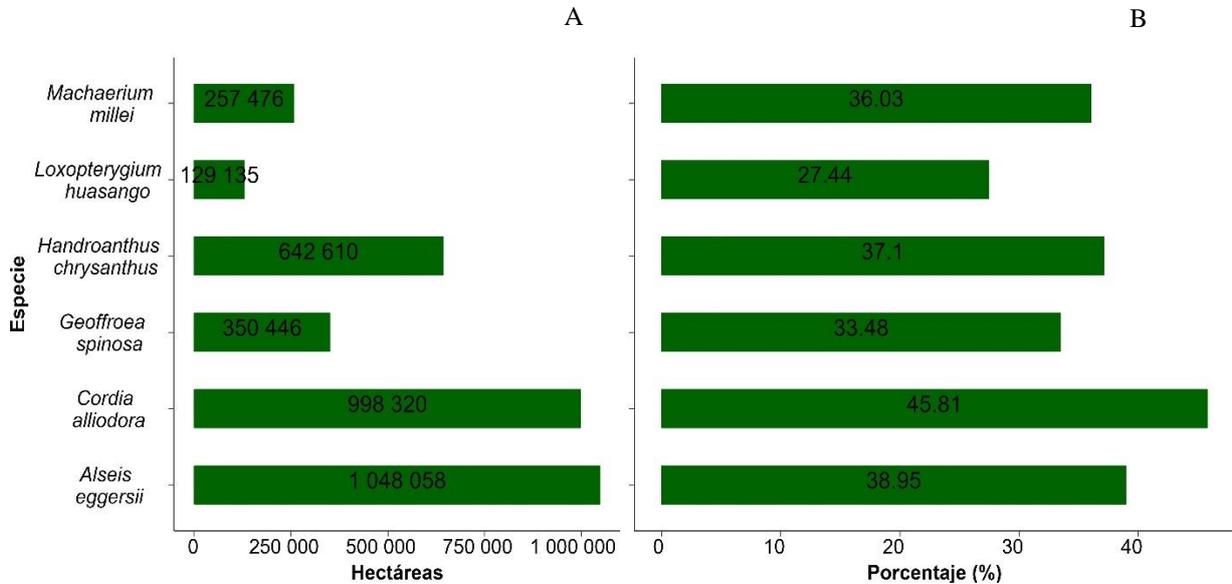
6.2.1. Deforestación

6.2.1.1. Análisis estadístico en el periodo de 1990-2020

En la Figura 13 (A) se muestra que las especies que tienen una mayor área deforestada son *Alseis eggersii* con 1 048 058 ha y *Cordia alliodora* con 998 320 ha. Sin embargo, considerando el porcentaje de área deforestada con respecto a las áreas de adecuación de cada especie; las especies más afectadas son *Cordia alliodora* con el 45,82 % de su área de adecuación deforestada, seguida de *Alseis eggersii* con el 38,95 % y *Handroanthus chrysanthus* con 37,1 % (Figura 13; B).

Figura 13.

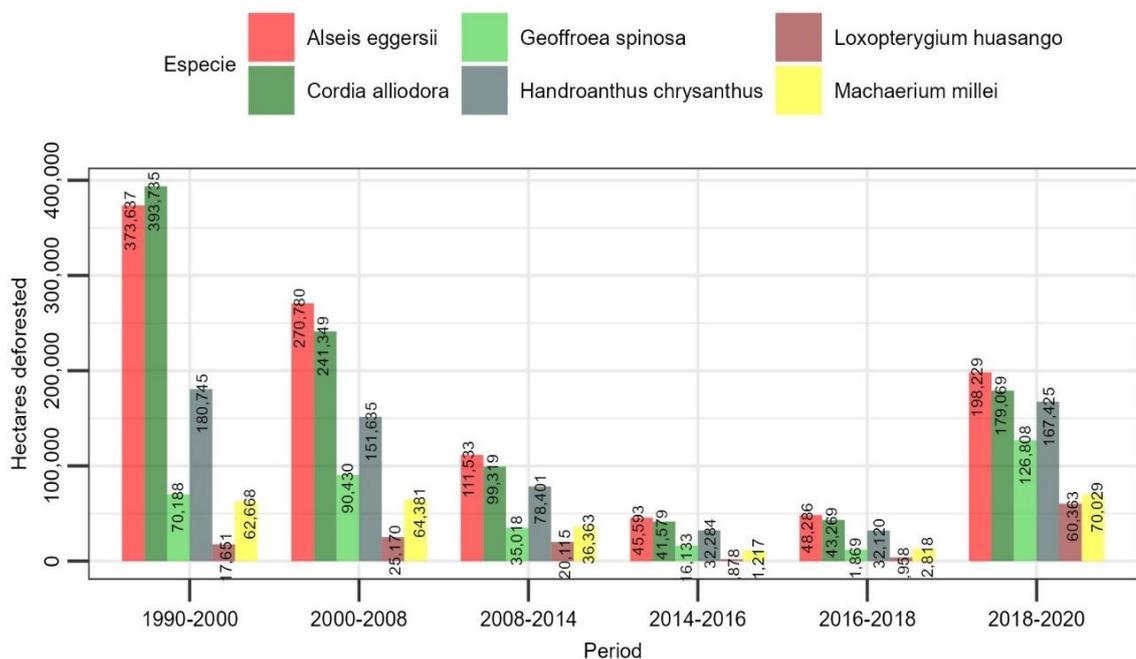
Deforestación total y porcentaje deforestado para el período 1990-2020: A) Hectáreas deforestadas en el área de adecuación de la especie, B) Porcentaje del área de cobertura boscosa perdida en relación con el área de adecuación de la especie



En la Figura 14, se detalla la superficie deforestada en el área de adecuación de cada especie entre 1990 y 2020. Se puede observar que en los periodos de 1990 - 2000, 2000 - 2008 y 2018 - 2020 se dieron los valores más altos de deforestación, siendo *Alseis eggersii* y *Cordia alliodora* las especies más afectadas.

Figura 14.

Deforestación por periodos en las áreas de adecuación de las especies forestales.



6.2.2. Análisis estadístico a nivel provincial de deforestación período 1990- 2020

El análisis estadístico para *Alseis eggersii* muestra que las provincias con la mayor área de adecuación deforestada son Esmeraldas con 331 743 ha, Guayas con 232 087 ha y Manabí con 185 706 ha (Figura 15; A1). Sin embargo, considerando el porcentaje el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Bolívar fue la más afectada con un 88,65 %, seguida de Chimborazo con el 87,78 %, Pichincha con 85,86 % y Los Ríos con 85,74 % (Figura 15; A2).

El análisis estadístico para *Cordia alliodora* muestra que las provincias con la mayor área de adecuación deforestada son Esmeraldas con 292 145 ha, Guayas con 191 307 ha y Manabí con 170 668 ha (Figura 15; B1). Sin embargo, considerando el porcentaje el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Santa Elena fue la más afectada con un 96 ,11 %, seguida de Chimborazo con el 94,2 % y Los Ríos con 86,69 % (Figura 15; B2).

El análisis estadístico para *Geoffroea spinosa* muestra que la provincia con la mayor área de adecuación deforestada es Guayas con 172 365 ha (Figura 15; C1). Sin embargo, considerando el porcentaje del área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de El Oro fue la más afectada con un 66,58 % (Figura 15; C2).

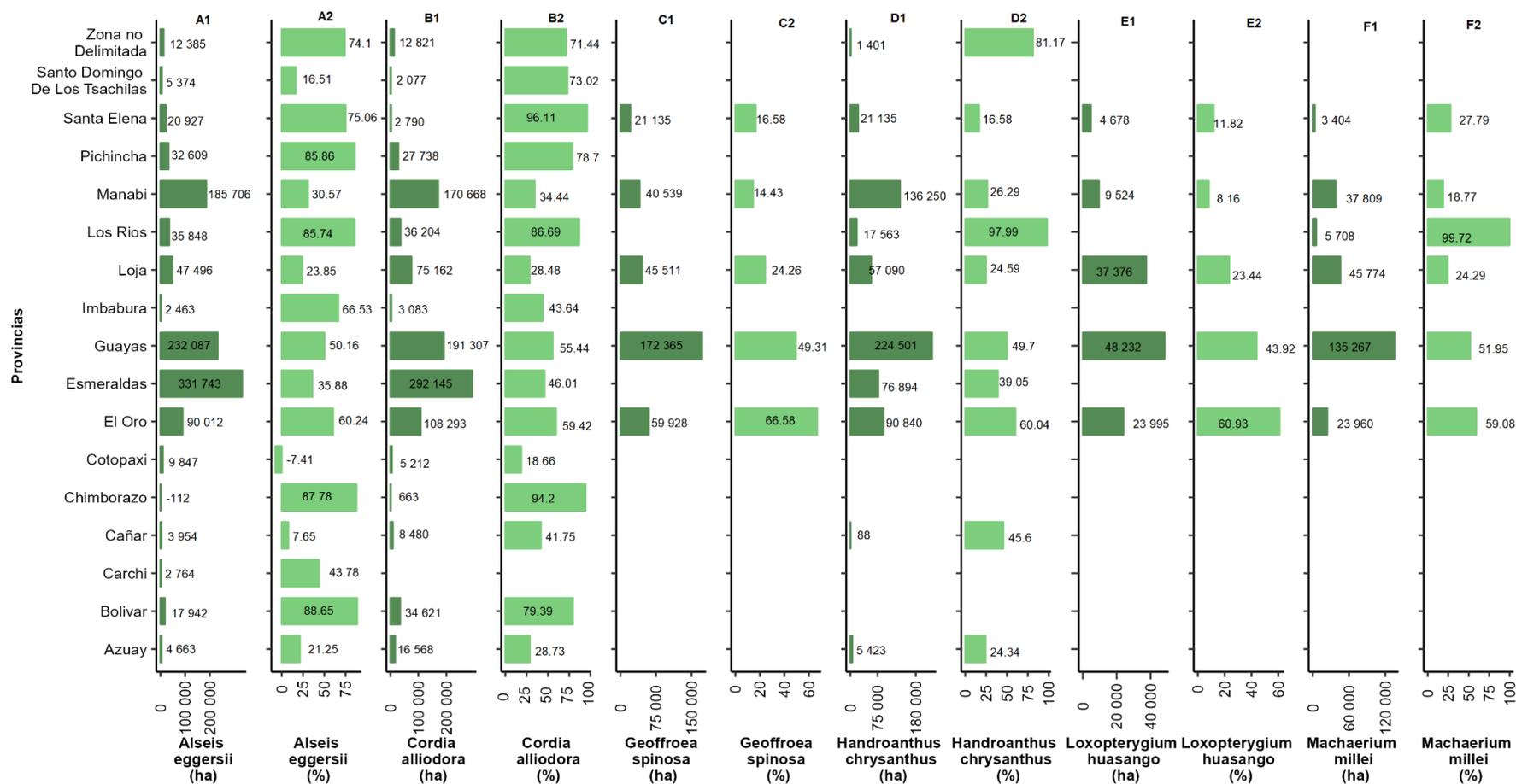
El análisis estadístico para *Handroanthus chrysanthus* muestra que las provincias con la mayor área de adecuación deforestada son Guayas con 224 501 ha, Manabí con 136 250 ha y El Oro con 90 840 ha (Figura 15; D1). Sin embargo, considerando el porcentaje del área de adecuación deforestada de la especie, la provincia más afectada fue Los Ríos con un 97,99 % (Figura 20; D2).

El análisis estadístico para *Loxopterygium huasango* muestra que las provincias con la mayor área de adecuación deforestada son Guayas con 48 232 ha, seguida de Loja con 37 376 ha y El Oro con 23 995 ha (Figura 15; E1). Sin embargo, considerando el porcentaje del área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de El Oro fue la más afectada con un 60,93 %, seguida de Guayas con el 43,92 % (Figura 15; E2).

El análisis estadístico para *Machaerium millei* muestra que las provincias con la mayor área de adecuación deforestada son Guayas con 135 267 ha, Loja con 45 774 y Manabí con 37 809 (Figura 15; F1). Sin embargo, considerando el porcentaje del área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Los Ríos fue la más afectada con un 99,72 %, seguida de El Oro con el 59,08 % y Guayas con 51,95 % (Figura 15; F2).

Figura 15.

Análisis estadístico de la deforestación a nivel provincial en el periodo 1990 - 2020. Donde el color verde oscuro representa las hectáreas deforestadas en el área de adecuación de la especie y el color verde claro es el porcentaje de cobertura boscosa pérdida en relación con el área de adecuación de la especie



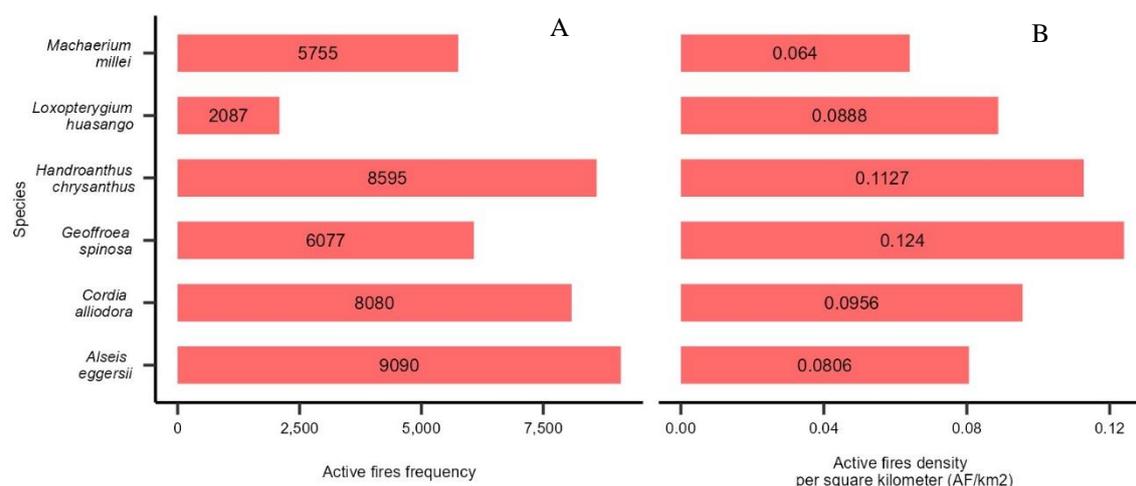
6.2.3. Incendios forestales

6.2.3.1. Análisis nacional de fuegos activos periodo 2001 - 2023

En la Figura 16 (A) se muestran los resultados de frecuencia y densidad de fuegos activos a nivel nacional en el periodo 2001 - 2023. Las especies con mayor frecuencia de fuegos activos son *Alseis eggersii* con 9 090 FA, *Handroanthus chrysanthus* con 8 595 FA y *Cordia alliodora* con 8 080 FA. Sin embargo, considerando la densidad de fuegos activos por Km² de área de adecuación de cada especie *Geoffroea spinosa* y *Handroanthus chrysanthus* fueron las especies más afectadas con valores de 0,124 y 0,1127 FA/Km² respectivamente (Figura 16; B)

Figura 16.

Número y densidad de fuegos activos para el periodo 2001 - 2023: A) Frecuencia de fuegos activos, B) Densidad de fuegos activos por Km².



6.2.3.2. Análisis estadístico a nivel provincial de fuegos activos periodo 2001 - 2023

En el análisis estadístico de fuegos activos por provincias de *Alseis eggersii* se muestra que las provincias con mayor frecuencia son Guayas con 2 857, seguida de Manabí con 2 486 y Loja con 1 661 (Figura 17; A1). Sin embargo, considerando la densidad de fuegos activos dentro del área de adecuación, las provincias más afectadas son Loja con 0,1607 FA/Km², Guayas con 0,1313 FA/Km² y Los Ríos con 0,1108 FA/Km² (Figura 17; A2).

En la Figura 17 (B1) se puede observar que para *Cordia alliodora* las provincias con mayor frecuencia de fuegos activos son Guayas con 2 327, Manabí con 2 110 y Loja con 1 924. Sin embargo, considerando la densidad, la provincia más afectada es Santa Elena con 0,4078 FA/Km² (Figura 17; B2).

Para *Geoffroea spinosa* las provincias con mayor frecuencia de incendios son Guayas con 1 733, Loja con 1 627 y Manabí con 1 470 (Figura 17; C1). Considerando la densidad de fuegos activos por Km², estas mismas provincias son las más afectadas son Loja, Guayas, Manabí con 0,1672; 0,1069 y 0,0947 FA/Km² respectivamente (Figura 17; C2).

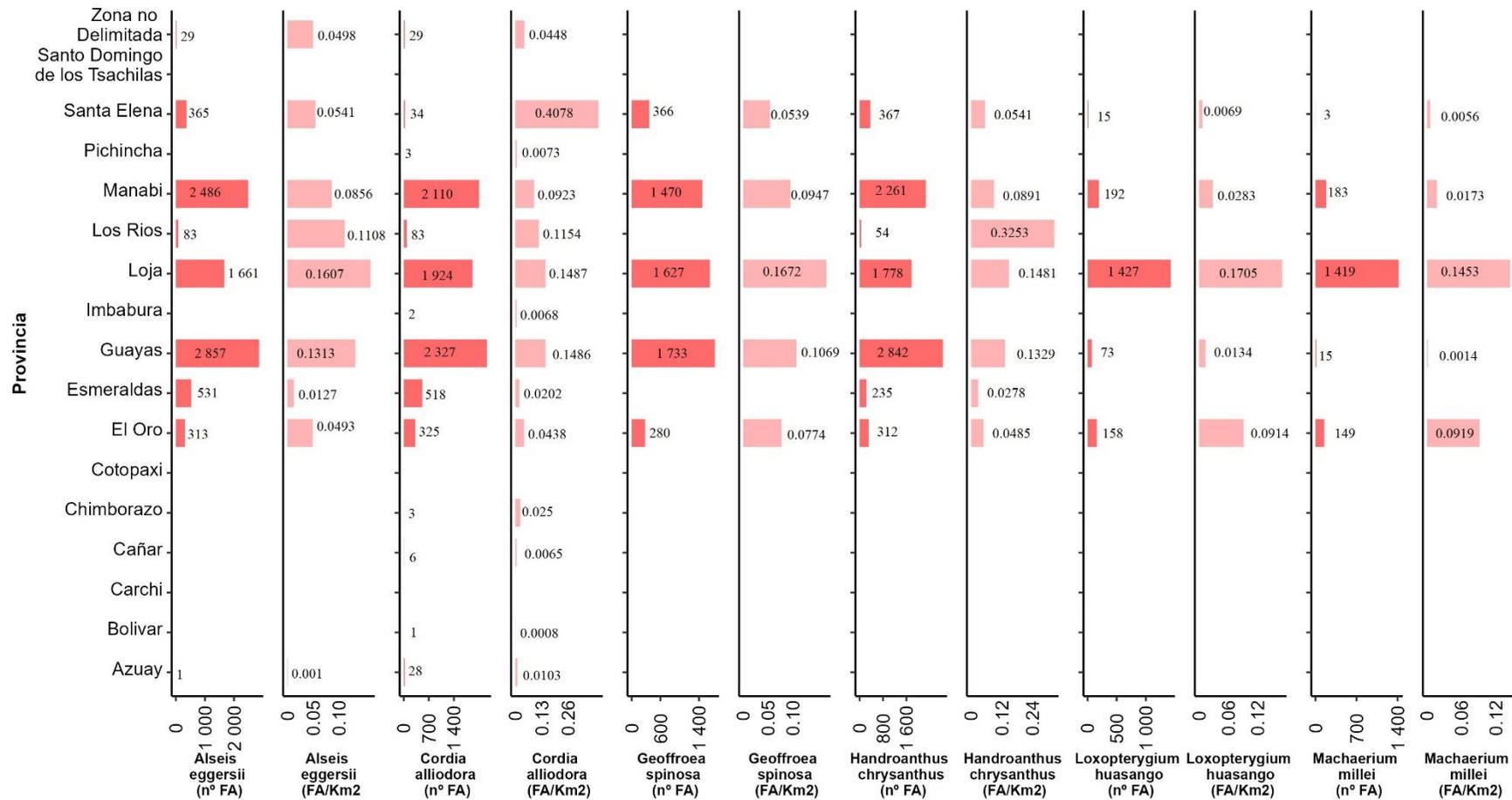
Para *Handroanthus chrysanthus* la provincia con mayor frecuencia de incendios es Guayas con 2 842, Manabí con 2 261 y Loja con 1 778 (Figura 17; D1). Sin embargo, considerando la densidad de fuegos activos por Km², la provincia de Los Ríos es la más afectada con 0,3253 FA/Km² (Figura 17; D2).

Para *Loxopterygium huasango* la provincia con mayor frecuencia de incendios es Loja con 1 427 (Figura 17; E1). Sin embargo, considerando la densidad de fuegos activos por Km², la provincia de Loja es la más afectada con 0,1705 FA/Km², seguida de el Oro con 0,0914 FA/Km² (Figura 17; E2).

Para *Machaerium millei* las provincias con mayor frecuencia de incendios son Loja con 1 419, Manabí con 183 y El Oro con 149 (Figura 17; F1). Sin embargo, considerando la densidad de fuegos activos por Km², las provincias de Loja con 0,1453 FA/Km², seguida de El Oro con 0,0919 y Manabí con 0,0173 (Figura 17; F2)

Figura 17.

Análisis estadístico de fuegos activos a nivel provincial en el periodo de 2001-2021. Donde el color rojo oscuro representa la frecuencia de fuegos activos por especie, y el color rojo claro es la densidad de fuegos activos por km²

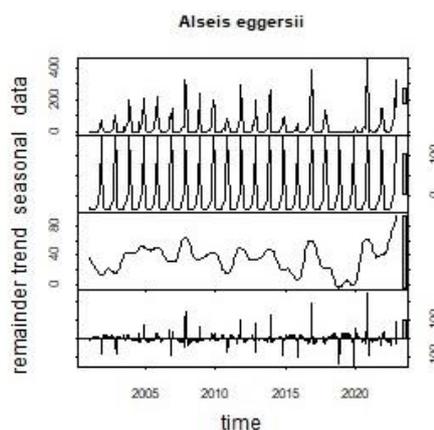


6.2.3.3. Descomposición de serie temporal de fuegos activos (FA) periodo 2001 - 2023.

Alseis eggersii mostro mayor frecuencia de fuegos en el mes de noviembre del año 2020 con un valor de 448 fuegos activos. El año 2022 fue el de mayor frecuencia de FA con 734 FA. Esta especie presenta un patrón temporal estacional, esto se debe a que los FA se correlacionan con la variable de precipitación (lluvias). Las pruebas Mann-Kendall (Test-MK) y Sen`s Slope, determinaron que la especie posee una tendencia decreciente no significativa con valor Z de -0,56; un *p*-valor de 0,57 y magnitud 0 (Figura 18).

Figura 18.

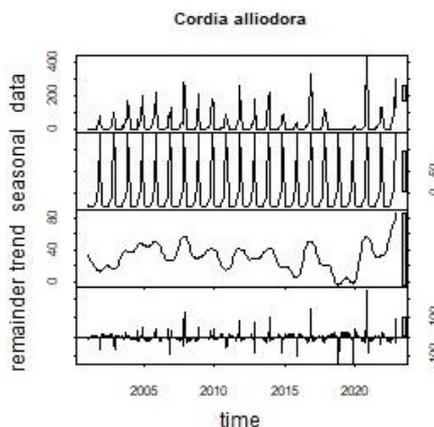
Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de Alseis eggersii.



Cordia alliodora mostro mayor frecuencia en el mes de noviembre del 2020 con un valor de 428 FA. El año 2007 fue el de mayor frecuencia de FA con 644 FA. Esta especie presenta un patrón temporal estacional, esto se debe a que los FA se correlacionan con la variable de precipitación (lluvias). Mediante el test MK y Sen`s Slope se determinó que la especie tiene una tendencia decreciente no significativa con un valor Z igual a -0,88, un *p*-valor de 0,37 y magnitud 0 (Figura 19).

Figura 19.

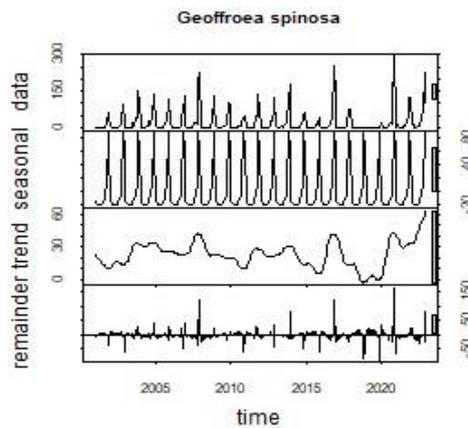
Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de Cordia alliodora.



Geoffroea spinosa mostro mayor frecuencia en el mes de noviembre del 2020 con un valor de 294 FA. El año 2022 fue el de mayor frecuencia de FA con 513 FA. Esta especie presenta un patrón temporal estacional, esto se debe a que los FA se correlacionan con la variable de precipitación (lluvias). Mediante el test MK y Sen`s Slope se determinó que la especie tiene una tendencia decreciente no significativa con un valor Z igual a -0,40; un *p*-valor de 0,68 y magnitud 0 (Figura 20).

Figura 20.

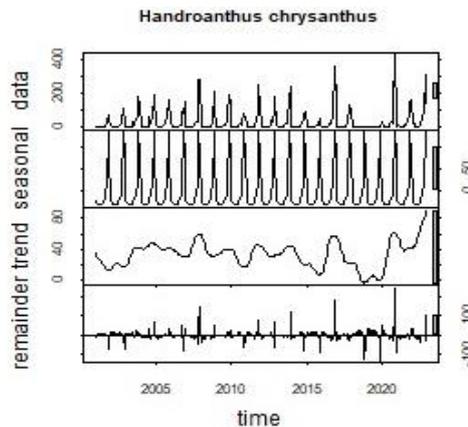
Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de Geoffroea spinosa.



Handroanthus chrysanthus mostro mayor frecuencia en el mes de noviembre del 2020 con un valor de 431 FA. El año 2022 fue el de mayor frecuencia de FA con 709 FA. Esta especie presenta un patrón temporal estacional, esto se debe a que los FA se correlacionan con la variable de precipitación (lluvias). Mediante el test MK y Sen`s Slope se determinó que la especie tiene una tendencia decreciente no significativa con un valor Z igual a -0,55, un *p*-valor de 0,58 y magnitud 0 (Figura 21).

Figura 21.

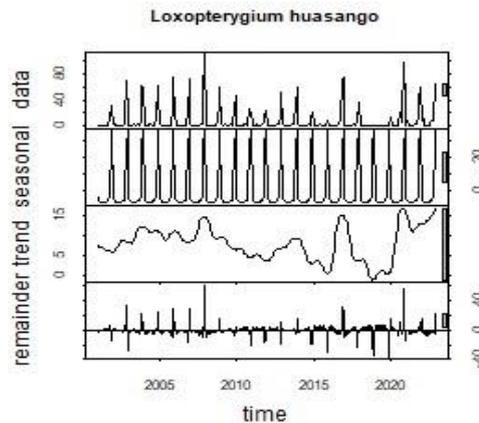
Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de Handroanthus chrysanthus.



Loxopterygium huasango mostro mayor frecuencia en el mes de diciembre del 2007 con un valor de 111 FA en cada uno. El año 2020 fue el de mayor frecuencia de FA con 193. Esta especie presenta un patrón temporal estacional, esto se debe a que los FA se correlacionan con la variable de precipitación (lluvias). Mediante el test MK y Sen`s Slope se determinó que la especie tiene una tendencia creciente no significativa con un valor Z igual a 0,12, un *p-valor* de 0,90 y magnitud 0 (Figura 22).

Figura 22.

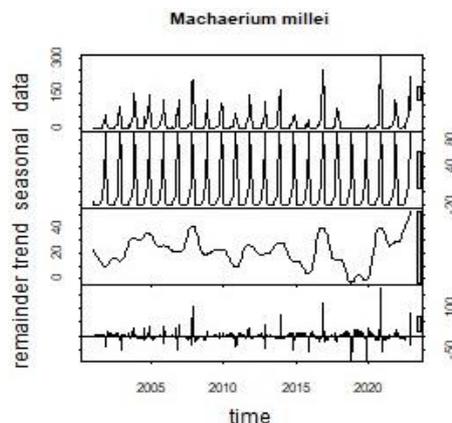
Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de Loxopterygium huasango.



Machaerium millei presento mayor frecuencia en el mes de noviembre del 2020 con un valor de 305 FA. El año 2007 fue el de mayor frecuencia de FA con 466 FA. Esta especie presenta un patrón temporal estacional, esto se debe a que los FA se correlacionan con la variable de precipitación (lluvias). Mediante el test MK y Sen`s Slope se determinó que la especie tiene una tendencia creciente no significativa con un valor Z igual a -0,69, un *p-valor* de 0,48 y magnitud 0 (Figura 23).

Figura 23.

Descomposición de la serie temporal de fuegos activos de Machaerium millei.



La Tabla 9 se presentan un resumen de los resultados de las pruebas estadísticas Mann-Kendall, para evaluar la tendencia en series de datos ambientales, y Sen`s Slope, para predecir

la magnitud de la pendiente real de datos de series de tiempo. En donde se determina el tipo de tendencia por el Valor z y p- valor presente en cada especie.

Tabla 9.

Resumen de pruebas estadísticas aplicadas a las series temporales

Especie	Número de registros	Test Mann-Kendall	
		Valor z	p-valor
<i>Alseis eggersii</i>	264	-0,56398	0,5728
<i>Cordia alliodora</i>	264	-0,88771	0,3747
<i>Geoffroea spinosa</i>	264	-0,40266	0,6872
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	264	-0,55189	0,581
<i>Loxopterygium huasango</i>	264	0,12343	0,9018
<i>Machaerium millei</i>	264	-0,69352	0,488

7. Discusión

7.1. Área de adecuación

El área de adecuación de la especie se localiza en la región costa, los puntos de presencia obtenidos para la especie *Alseis eggersii* coincide con la información brindada por Jorgensen y León (1999), en la cual nos da a conocer que se encuentran en las provincias de El Oro, Guayas y Manabí. Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos en el presente estudio, en cuanto su perfil bioclimático comprende una altitud de 112 m s.n.m.

La especie *Cordia alliodora* es una especie nativa de los bosques primarios y secundarios de la Costa y Amazonia ecuatoriana (Cañadas, 1983), coincidiendo con los puntos de presencia, literatura científica, etc. El Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (1996), afirma que la especie en el Ecuador es muy frecuente en las regiones Litoral o Costa y Oriental o Amazonia. Además se ha registrado la presencia de la especie en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Morona-Santiago, Napo y Pastaza (Jorgensen y León, 1999). Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos en el estudio ya que las zonas que presentan mayor idoneidad se sitúan en la región costa. El rango altitudinal de *Cordia alliodora* se extiende de 144 m s.n.m. Trujillo,(2009) menciona que la especie se desarrolla en una altitud de 50 a 1 900 m s.n.m.

Según Aguirre (2012), la especie *Geoffroea spinosa* habita en laderas, planicies, hondonadas del bosque seco ecuatoriano. En cuanto al rango altitudinal del área de adecuación de la especie se extiende a los 93 m s.n.m., sin embargo Muñoz et al.,(2019) nos da a conocer que la especie tiene un rango altitudinal entre los 500 m s.n.m., y se encuentra presente en las provincias de Bolívar, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Pichincha y Sucumbíos. Estos hallazgos concuerdan con el área de adecuación encontrada en el presente estudio. Además, los registros de presencia de la especie también nos indican su presencia en la región costa, lo cual se refleja en el área de adecuación obtenida.

Handroanthus chrysanthus (Guayacán), es común en toda la costa y en algunos valles interandinos (Blandariz et al., 2019). Presente en las provincias Bolívar, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Sucumbíos y Pichincha, (Aguirre, 2012). Estas provincias coinciden con el área de adecuación encontrada para esta especie en el presente estudio. Dentro del perfil bioclimático de la especie, los resultados obtenidos muestran precipitaciones de 988 mm anuales y temperaturas de 24,8 °C, Según Largo (2018), posee temperaturas de 23 °C hasta los 25 °C, precipitaciones anuales entre 200 a 800 mm, y altitudes desde 270 hasta 720 m s.n.m.

En relación a *Loxopterygium huasango* es una especie que se encuentra distribuido en Bosques Secos y Bosque Seco Premontano, desde la región tumbesina de las costas de Perú, hasta la Península de Santa Elena en Ecuador entre los 0 a 800 m s.n.m. (Chavesta y Condori, 2005). Concordando con los resultados obtenidos en el estudio ya que las zonas que presentan mayor idoneidad se sitúan en las provincias de Santa Elena y Loja. Actualmente esta especie es considerada en peligro de extinción debido a que es utilizada selectivamente como materia prima (Leal y Linares, 2005). Esta especie se desarrolla con temperatura de alrededor de 24 °C, y precipitaciones anuales de 250 a 800 mm (Jorgensen y León, 1999). Dentro del perfil bioclimático de la especie, los resultados obtenidos muestran áreas con precipitaciones anuales de 409 mm, temperatura de 24,4 °C, y con respecto al perfil altitudinal presentó un rango altitudinal con una mediana de 79 m s.n.m.

Por otro lado, el área de adecuación de *Machaerium millei* tiene su distribución en la región costa, según los resultados obtenidos presentó un rango altitudinal con una mediana de 75 m s.n.m. Según Jorgensen y León (1999) es una especie nativa que posee una altitud de 0 a 500 m s.n.m., está presente en las provincias del El Oro, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí.

7.2. Deforestación

En el Ecuador la deforestación es un fenómeno complejo debido a los múltiples factores que la causan, entre ellos los asentamientos agrícolas, que ocasionan alrededor del 60 % de la superficie talada cada año (Guachun, 2011).

El bosque seco está entre los ecosistemas más amenazados y la región costa presenta una tasa de deforestación de 1.9% anual hasta el 2018, además esta región ha perdido entre el 50 – 70% de su cobertura original (Sierra, 2018). A partir de los datos obtenidos en la investigación indican que en el periodo de 2018 – 2020 ha habido un aumento en cuanto al % de deforestación en ha, siendo *Alseis eggersii* con 198 229 ha la especie más afectada, seguida de *Cordia alliodora* con 179 069 ha y *Handroanthus chrysanthus* con 167 425.

Las especies con el área de adecuación más afectadas por la deforestación son *Cordia alliodora* con un 45,82% y *Alseis eggersii* con un 38,95 % en las provincias de Esmeraldas y Guayas, en ambos casos, esta deforestación es causada principalmente por la expansión de la frontera agrícola, la tala comercial de madera y la existencia de un proyecto palmicultor que actualmente se genera en la provincia de Esmeraldas y que para su establecimiento se debe realizar una tala rasa de bosque (Batallas, 2006).

Según Castelán et al (2019), la deforestación es una gran problemática en el Ecuador, Manabí, Guayas, Imbabura, Loja, y Napo son las provincias más afectadas principalmente por la expansión de la frontera agrícola y la conversión de la vegetación natural a cultivos y

plantaciones de variada escala. Esta información contrasta con la obtenida ya que en los resultados nos indica que las provincias más afectadas por la deforestación son de Esmeraldas, Guayas, Manabí, El Oro y Loja.

La mayor parte de la pérdida ocurrió entre 1990 y 2000, cuando la remanencia cayó a 62 %, una reducción de más de 8 % del área forestal en 1990. En la (casi) década que siguió, 2000 - 2008, el área forestal del país se redujo a 59 %, una reducción de alrededor de 4 % del área forestal natural en el 2008. En los 10 años entre 2008 y 2018, la remanencia cayó a 56 %, una reducción de 4 % del área forestal en el 2008. La reducción en las tasas de deforestación, sumada a un área base de bosque cada vez menor, resultó en una reducción continua e importante de la deforestación neta en estas tres décadas (Sierra et al., 2021).

7.3. Incendios

Los resultados obtenidos de incendios indican que las especie que mayor frecuencia de fuegos activos presentaron son *Alseis eggersii* con 9 090 FA, *Handroanthus chrysanthus* con 8 595 FA y *Cordia alliodora* con 8 080 FA; sin embargo, las especies que más fueron afectadas son *Geoffroea spinosa* y *Handroanthus chrysanthus* con valores de 0,124 y 0,1127 FA/Km² según los resultados obtenidos presentaron una mayor densidad de Fuegos Activos por Km², Estos resultados proporcionan información sobre la sensibilidad de las especies a este fenómeno. En Ecuador en el periodo 2016 al 2018 ocurrieron 2 684 incendios forestales que afectaron un total de 48 714,18 hectáreas.

Según Alarcón (2021), en el Ecuador se pierden alrededor de 20 000 hectáreas anuales a causa de los incendios forestales y que, según las estadísticas emitidas por el SNGRE (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos), el 80 % de los incendios registrados entre el 2010 y el 2018 ocurrieron. Solo en el 2020 se perdieron más de 27 000 ha. de cobertura vegetal en 2 336 eventos.

Los incendios forestales afectan las áreas de adecuación de las especies a gran medida debido a que generan pérdidas graves y cuantiosas, las consecuencias son muy negativas sobre los recursos naturales (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2018). Además que traen consigo impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido a la variabilidad de las estructuras del paisaje y las diferentes respuestas de la vegetación (González, 2017).

8. Conclusiones

La especie *Cordia alliodora* se encuentra ampliamente distribuida en la región costa y su área de adecuación se extienden hacia las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes.

La distribución de *Loxopterygium huasango* es limitada en la región costa, encontrándose en las provincias de Manabí, Guayas y El Oro, presentando además una alta idoneidad de presencia en ecosistemas de bosque seco de la provincia de Loja, debido a condiciones ambientales para el desarrollo de estas especies.

La especie *Handroanthus chrysanthus* muestra una amplia distribución en la región costa, desde Esmeraldas hasta Loja, lo que indica que su nicho ecológico es amplio, información que puede ser usada como herramienta para la toma de decisiones en los futuros proyectos de restauración y conservación de la especie del bosque seco ecuatorial.

Las áreas de mayor idoneidad para las especies *Alseis eggersii*, *Geoffroea spinosa* y *Machaerium millei* están localizadas en zonas donde actualmente no se sitúa la especie, debido posiblemente a la ausencia de estudios que reporten registros de las especies o por factores de perturbación antrópica como deforestación o incendios forestales.

Las provincias de Esmeraldas y Guayas son las que presentan mayores porcentajes de deforestación, debido a que en estas provincias se han desarrollado actividades antrópicas como la tala comercial, proyectos agroindustriales, monocultivos a gran escala de banano, palma aceitera y ampliación de la frontera agrícola por parte de agricultura de subsistencia y ganadería.

El análisis de tendencia de fuegos activos en el periodo de 2001-2023 mediante el test de Mann-Kendall se obtuvo que las especies *Alseis eggersii*, *Cordia alliodora*, *Geoffroea spinosa*, *Handroanthus chrysanthus*, *Machaerium millei*, presentan una tendencia negativa no significativa, en cambio la especie *Loxopterygium huasango* presenta una tendencia positiva no significativa.

9. Recomendaciones

Obtener datos de plataformas como GBIF y BNDB, además de información actualizada para trabajar con un área de adecuación precisa, también se debe de realizar un filtro en cuanto los datos descargados ya que puede haber datos duplicados, sin información o con información geográfica incorrecta.

Profundizar la información en este tipo de estudios y ampliar para más especies forestales, a fin de contribuir con información necesaria para programas de conservación, restauración, estrategias de manejo y conservación, ya que actualmente no existe este tipo de información para el bosque seco ecuatorial.

Utilizar capas del uso de suelo, información bibliográfica y las opiniones de especialistas botánicos, sobre los rangos altitudinales y modelos de distribución, permitiendo realizar predicciones más precisas en los modelos generados.

Utilizar información bibliográfica y especialistas botánicos, sobre los rangos altitudinales y modelos de distribución, generados en la investigación.

Realizar trabajo de campo instalando parcelas en los sitios que se encuentran las especies seleccionadas para obtener datos de presencia más precisos.

10. Bibliografía

- Aguirre, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador*. Ministerio del Ambiente de Ecuador MAE.
- Aguirre, Z., Aponte, C., y Quizhpe, W. (2021). Bosque seco de la parroquia Mangahurco, Zapotillo, Loja, *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 7162-7176.
- Aguirre, Z., Peter, L., y Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad en Moraes., Øllgaard., Borchsenius., Balslev (Ed.) *Botánica Económica de los Andes Centrales* (pp. 162-187).
- Alarcón, I., (2021). 190 000 hectáreas afectadas por incendios durante la última década en Ecuador. *El comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/hectareas-afectadas-incendios-forestales-ecuador-2020.html>
- Balvanera, P., (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 136-147.
- Banda, Delgado, Dexter, Linares, Oliveira, Prado, & Pennington. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science*, 353(6306), 1383-1387.
- Batallas, P. (2006). La deforestación en el norte de Esmeraldas (Eloy Alfaro y San Lorenzo). *Universitas Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, (4), 95-127.
- Blandariz, Sáenz, González, y Pin. (2019). Fitorecursos de interés para el turismo en los bosques secos de la región costa, Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(2), 240-262.
- Calle., (2016). *Análisis morfológico y comportamiento germinativo de semillas de dos especies forestales de la Región Sur del Ecuador* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/15529>
- Cañadas, L., (1983). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Ministerio de Agricultura (MAG). <https://www.ipgh.gob.ec/portal/index.php/biblioteca-menu/novedades-bibliograficas/456-el-mapa-bioclimatico-y-ecologico-del-ecuador>
- Castelán, Tamaríz, Ramírez, Handal, y García. (2019). Susceptibilidad ambiental a la desertificación en la microcuenca del río Azumiatla, Puebla, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 6(16), 91-101.
- Chavesta, M., y Condori, C., (2005). *Madera peruanas y exóticas*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Cobos, M., Olvera, L., Barve, V., & Berve, N. (2020). *Ellipsenm: Un paquete R para la caracterización de nichos ecológicos utilizando elipsoides (R package version 0.3.4)*. GitHub. <https://github.com/marloncobos/ellipsenm>
- Cobos, Townsend, Osorio, & Barve. (2019). Kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. *Bioinformatics and Genomics*. <https://doi.org/10.7717/peerj.6281>
- Cruz, Lema, Carrasco, y Román. (2023). Modelos de nicho ecológico aplicados a invasiones biológicas: El caso de *Cirsium vulgare* Savi Ten. A través de los continentes. *Revista Académica-Investigativa de la Facultad Jurídica, Social y Administrativa*. 10(20), 16. <https://doi.org/10.54753/suracademia.v10i20.1970>
- Elton, C. (1927). *Animal ecology*. Marine Biological Laboratory. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.7435>
- Escobar, L., Lira-Noriega, A., Medina-Vogel, G., & Townsend, A. (2014). Potential for spread of the white-nose fungus (*Pseudogymnoascus destructans*) in the Americas: Use of Maxent and NicheA to assure strict model transference. *Geospatial Health*. 9(1), 221-229. <http://dx.doi.org/10.4081/gh.2014.19>
- ESRI. (2019). *ArcGis Desktop: ArcMap (1.8) [Software]*. ESRI. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>
- Ferrer, J., Zager, I., Keith, D., Oliveira, M., Rodríguez, J., Josse, C., González, M., Miller, R., Zambrana, C., & Barrow, E. (2019). An ecosystem risk assessment of temperate and tropical forests of the Americas with an outlook on future conservation strategies. *Conservation Letters*. 12(15). <https://doi.org/10.1111/conl.12623>
- Fick, S, y Hijmans, R. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- García, J. (2006). *Especies Forestales Útiles del Bosque Petrificado de Puyango*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- García, M. (2006). La deforestación: Una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción + Limpia*, 11(2), 161-168.
- Gay, S. (2021). Modelado de nicho ecológico para caracterizar la expansión del género *Lonchura* en México. [Tesis de Pregrado, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C]. <http://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/1985>
- González, P. (2017). *Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna*. [Archivo PDF]. <https://n9.cl/bgfd0>

- Guachun, A. (2011). Análisis del comercio ilegal de especies forestales en el Cantón Shushufindi. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/2471>
- Gutiérrez, Senciales, Camacho, y García. (2016). Predicción de la distribución potencial del alcornoque en montes de Málaga mediante modelos de nicho ecológico a partir de registros de presencia y variables ambientales in situ y ex situ. Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica. Asociación de Geógrafos Españoles (AGE). <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3886.4882>
- Hernández, Franke, Herzog, Pacheco, Paniagua, Quintana, Soto, Swenson, Tovar, y Valqui. (2008). Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodivers Conserv*, 17, 1353-1366. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9314-z>
- Hutchinson, G. (1957). Concluding Remarks: Cold Spring Harbor Symposium. *Quantitative Biology*, 22, 415-427. <https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>
- The International Tropical Timber Organization ITTO. (2020). *Laurel (Cordia alliodora)*. Tropicaltimber. <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/laurel-cordia-alliodora/>
- Jingo, J. (2013). Análisis de la Aplicación del Programa de Aprovechamiento Forestal Simplificado en el Bosque Nativo Andino de Cotacachi, Imbabura. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1965>
- Jorgensen, P., & León, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of northwest South America*. The University Press of Chicago. https://www.researchgate.net/publication/258345280_Catalogue_of_the_Vascular_Plants_of_Ecuador
- Largo, R. (2018). Distribución Geográfica de Especies Nativas Arbóreas Basada en los Requerimientos Ecológicos en el Cantón Zapotillo, Provincia de Loja, Ecuador [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/20131>
- Leal, J., y Linares, R. (2005). Los bosques secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste (Perú): Diversidad arbórea y estado de conservación. *Caldasia*, 27(2), 195-211.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Editorial Agroamérica. <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/7228/1/BVE18040317e.pdf>
- Machado-Stredel, Cobos, y Peterson. (2020). *Tools for species dispersal simulation based on ecological niches. R package*. GitHub. <https://github.com/fmachados/grinnell>

- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. <https://millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Molina, N., Morán, N., y Fabara, M. (2022). *Árboles del Bosque Seco del Parque Histórico Guayaquil*. Universidad Espíritu Santo. <https://uees.edu.ec/descargas/libros/2023/arboles-del-bosque-seco-del-parque-historico-guayaquil.pdf>
- Moraleda, B., y Llanos, L. (2019). *FPB Ciencias aplicadas II*. Editex. <https://lc.cx/igOApC>
- Mota, C., Encarnación, A., Ortega, H., Prieto, D., Peña, A., y Rojas, O. (2019). Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico. en: Moreno (Ed.), *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex.
- Muñoz, J., Armijos, D., y Erazo, S. (2019). *Flora y Fauna del Bosque Seco de la provincia de Loja, Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. <https://lc.cx/xhIhjZ>
- Naoki, K., Gómez, M., López, R., Meneses, R., y Vargas, J. (2006). Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 41(1), 65-78.
- Paladines, R. (2003). Propuesta de conservación del Bosque seco en el Surde Ecuador. *Lyonia*, 4(2), 183-186.
- Pausas, J. (2020). *Incendios forestales*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC. <https://lc.cx/DKSSRi>
- Pennington, Prado, & Pendry. (2001). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27(2), 261-273. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x>
- Phillips, y Dudík. (2008). Modelado de distribuciones de especies con Maxent: Nuevas extensiones y una evaluación integral. *Ecografía*, 31(2), 161-175.
- Phillips, S., Dudík, M., y Schapire, R. (2004). *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>
- Pohlert, T. (2020). *Trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection (1.1.4)*. Rdocumentation. <https://rdocumentation.org/packages/TSSS/versions/1.3.1/topics/trend>
- Ponce, D. (2018). Análisis de dos Metodologías para la Determinación de la Tasa de Deforestación y su Aplicación en Morona Santiago [Tesis de Pregrado, Escuela Politecnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19556>

- Ponce, I., y Licto, A. (2022). Valoración socio ambiental de los Recursos Naturales existentes en el bosque húmedo de la Cordillera Occidental de los Andes, en la provincia de Cotopaxi, parroquia Pilaló y Tingo La Esperanza, en el periodo 2021 – 2022 [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8602/1/PC-002206.pdf>
- R Core Team. (2021). *A Language and Environment for Statistical Computing*. R project. <https://www.R-project.org/>
- Ríos, Espinosa, y Vega. (2020). Por qué la geografía sí importa: Fuentes y consideraciones de la información ambiental en el proceso del modelado de nichos ecológicos y/o distribución de especies. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3(1), 05-32. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2020.1.157>
- Rivas, C. (2022). Teledetección y sistemas de información geográficos aplicados al seguimiento de procesos de deforestación en bosques secos de Ecuador [Tesis de doctorado, Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/22340/2022000002374.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivas, C., Guerrero, J., y Navarro, R. (2021). Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: Impact on conservation. *Forest Ecosystems*, 8(46), 2-6. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00329-5>
- Rodríguez, Banda, Reyes, y Estupiñán. (2012). Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano). *Biota Colombiana*, 13(2). <http://doi.org/10.15472/lugrmb>
- RStudio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development for R (1.3.1093)*. RStudio. <http://www.rstudio.com/>
- Saenz, Ramírez, Manjarrez, y Zepeda. (2022). *Bosque tropical seco: entre lluvias, secas y humanos*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2022/13-01-2022-Saenz-et-al-Bosque-topical-seco.pdf
- Sánchez, J. (2021). El legado de George Evelyn Hutchinson en la ecología y limnología moderna. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, (115), 174-185.
- Sánchez, Kvist, y Aguirre. (2006). Bosques secos en el Ecuador y sus plantas útiles. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 188-204.

- Sarango, J., Muñoz, J., Muñoz, L., y Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101-114.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. Ministerio de Agricultura y Riego. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1267623/plan-incendios-forestales.pdf>
- Sierra, R. (2018). *Una aproximación al estado de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador continental*. Bioweb. <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/ecuadorContinental/>
- Sierra, R., Calva, O., y Guevara, A. (2021). *La Deforestación en el Ecuador, 1990 – 2018: Factores, Promotores y Tendencias Recientes*. Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, Ministerio de Agricultura del Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/356443073_La_Deforestacion_en_el_Ecuador_1990-2018_Factores_promotores_y_tendencias_recientes
- Standley, P. (1929). *Studies of American Plants*. Field Museum of Natural History Botanical series. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/2370719#page/3/mode/1up>
- Stattersfield, A., Crosby, M., Long, A., y Wege, D. (1998). *Endemic bird areas of the world*. Cambridge: BirdLife International.
- Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre. (1996). Determinación de área con aptitud para el desarrollo de bosques productivos en la costa. INEFAN
- Trujillo, E. (2009). *Guía de Reforestación segunda edición*. Trujillo Navarrete, Enrique.
- Valverde, F. (1998). *Plantas Útiles del Litoral Ecuatoriano*. Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos.
- Velásquez, M. (1998). Identificación, Fenología, Usos y Clasificación de los árboles y arbustos del bosque seco de Guápulas. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja].
- Webber, L. (2009). *Diagnóstico y plan de monitoreo de la calidad del agua en las Áreas de interés hídrico de los cantones Celica, Pindal, Puyango y Macará*. Naturaleza y Cultura Internacional.
- Xiong, D., Yu, H., y Liu, Q. (2004). *Tagging Complex NEs With Maxent Models: Layered Structures Versus Extended Tagset*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30211-7_57

Yuan, H., Wei, Y., y Wang, X. (2015). Maxent modeling for predicting the potential distribution of Sanghuang, an important group of medicinal fungi in China. *Fungal Ecology*, 17, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.06.001>

11. Anexos

Anexo 1. Script para la descarga de paquetes y datos necesarios para el modelamiento.

```
## 1. INSTALAR PAQUETES
#####
install.packages("devtools")
install.packages("raster", dependencies = TRUE)
install.packages("rgeos", dependencies = TRUE)
install.packages("rgdal", dependencies = TRUE) # Este paquete dejar? de
funcionar en el 2023
install.packages("rmapshaper", dependencies = TRUE)
install.packages("sp", dependencies = TRUE)
install.packages("sf", dependencies = TRUE)
install.packages("tidyverse", dependencies = TRUE)
install.packages("pacman", dependencies = TRUE)
install.packages("remotes", dependencies = TRUE)
devtools::install_github("rspatial/geodata", force = T)
devtools::install_github("fmachados/grinnell", force = T)
devtools::install_github("marlonecobos/kuenm", force = T)
devtools::install_github("marlonecobos/ellipsenm", force = T)
## 2. CARGAR LIBRERIAS
#####
#LIBRERIAS
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, sf, ellipsenm, kuenm, tidyverse,
              datasets, sp, rmapshaper, geodata)
## 3. VARIABLES
#####
#LIMPIAR AREA DE TRABAJO
rm(list = ls(all.names = TRUE))ycat("\014")ygraphics.off()
#VARIABLES PARA DESCARGAS DE CAPAS DE ALTITUD
country_1 = "ECU"
#VARIABLES PARA SELECCIONAR LA UNIDAD DE ANÁLISIS
ec <- sf::st_read("2_vector/ecu_diss_4326.shp")
vert_32717 <- sf::st_read("2_vector/pfafstetter_nivel_1_ec_32717.shp")
vert_32717 <- vert_32717[vert_32717$dhnom == "Amazonas", ] # Seleccionar
Amazonas o Pacifico
vertname <- "Pacifico" # Seleccionar Amazonas o Pacifico
buffer_30s = 1000 # No cambiar estos valores
buffer_05min = 2000 # No cambiar estos valores
## 4. GUARDAR SHAPES DE BUFFERS DE VERTIENTES
vertBuffer_30s_32717 <- st_buffer(vert_32717, buffer_30s,
endCapStyle="ROUND")
vertBuffer_05min_32717 <- st_buffer(vert_32717, buffer_05min,
endCapStyle="ROUND")
vertBuffer_30s_4326 <- st_transform(vertBuffer_30s_32717, crs = 4326)
vertBuffer_05min_4326 <- st_transform(vertBuffer_05min_32717, crs = 4326)
st_write(vertBuffer_30s_4326,
paste0("2_vector/",vertname,"_buffer_30s.shp"),
driver = "ESRI Shapefile", delete_dsn = T, delete_layer = T)
st_write(vertBuffer_05min_4326,
paste0("2_vector/",vertname,"_buffer_05min.shp"),
driver = "ESRI Shapefile", delete_dsn = T, delete_layer = T)
## 5. DESCARGAR ALTITUD
#####
#CREA CARPETA
sapply("3_raster/download/", function(x)if(!dir.exists(x)) dir.create(x,
recursive = T))
#DESCARGAR PAIS 1
alt_country1 <- geodata::worldclim_country(var = "elev", country =
country_1,
```

```

                                path = "3_raster/download/")
#RECORTE
alt_crop <- raster::mask(crop(alt_country1, vertBuffer_30s_4326),
vertBuffer_30s_4326)
#PLOT RASTER
plot(alt_crop)
plot(vertBuffer_30s_4326, color = "", border ="blue",add = T)
plot(ec, color = "", border ="black", add = TRUE)
#GUARDAR RASTER
raster::writeRaster(alt_crop, paste0("3_raster/",
"wc_alt_",vertname, ".tif"), overwrite=T)
## 6. DESCARGAR BIOCLIMAS 0.5
#####
#NOMBRES BIOCLIMAS
names_bioclim <- c("bio_01", "bio_02", "bio_03", "bio_04", "bio_05",
                  "bio_06", "bio_07", "bio_10", "bio_11", "bio_12",
                  "bio_13", "bio_14", "bio_15", "bio_16", "bio_17")
#DESCARGAR PAIS 1
bioclim_country1 <- geodata::worldclim_country(var = "bio", country =
country_1,
                                path = "3_raster/download/") [[-c(8,
9, 18, 19)]]
plot(bioclim_country1[[1]])
#ACTUALIZAR NOMBRES
names(bioclim_country1) = names_bioclim
#SPAT RASTER A STACK RASTER
bioclim_stack <- bioclim_country1 %>% stack()
#RECORTE
bioclim_30s_crop <- raster::mask(crop(bioclim_stack, vertBuffer_30s_4326),
vertBuffer_30s_4326)
names(bioclim_30s_crop) <- names_bioclim
#PROYECCION
projection(bioclim_30s_crop) <- CRS("+init=epsg:4326")
#PLOT
plot(bioclim_30s_crop[[1]])
plot(ec, color = "", border ="black", add = T)
plot(vertBuffer_30s_4326, color = "", border ="blue",add = T)
#CREAR CARPETA
sapply(paste0("3_raster/var_bio_30s_",vertname),
function(x)if(!dir.exists(x))
  dir.create(x, recursive = T))
#COPIAR NOMBRE DE BIOCLIMAS
namesr <- paste0(paste0("3_raster/var_bio_30s_",vertname,"/"),
names(bioclim_30s_crop), ".asc")
#GUARDAR BIOCLIMAS
wr <- lapply(1:nlayers(bioclim_30s_crop), function(x) {
  writeRaster(bioclim_30s_crop[[x]], filename = namesr[x], format =
"ascii",
              overwrite=T)
})
## 7. DESCARGAR BIOCLIMAS ACTUAL 2.5'
#####
#LINK Y NOMBRES DE BIOCLIMAS
link_bio_curr <-
"https://biogeo.ucdavis.edu/data/climate/worldclim/1_4/grid/cur/bio_2-
5m_bil.zip"
names_bioclim_des <- c("bio_01", "bio_10", "bio_11", "bio_12", "bio_13",
                    "bio_14", "bio_15", "bio_16", "bio_17", "bio_02",
                    "bio_03", "bio_04", "bio_05", "bio_06", "bio_07")
#CREAR CARPETA
sapply("3_raster/download/bio_2-5m_bil", function(x) if (!dir.exists(x))

```

```

dir.create(x, recursive = T))
#DESCARGAR BIOCLIMAS
{
  options(timeout = max(1000, getOption("timeout")))
  if (!file.exists(file.path("3_raster/download/bio_2-5m_bil", "bio_2-
5m_bil.zip"))) {
    download.file(link_bio_curr, destfile =
file.path("3_raster/download/bio_2-5m_bil",
          "bio_2-5m_bil.zip"))
    unzip(file.path("3_raster/download/bio_2-5m_bil", "bio_2-5m_bil.zip"),
          exdir = "3_raster/download/bio_2-5m_bil")
    bioclim_current <- raster::stack(list.files(path =
"3_raster/download/bio_2-5m_bil",
          pattern = "\\\\.bil$",
          full.names = TRUE)))[[-c(10, 11,
18, 19)]]
  }
#CAMBIAR NOMBRES
names(bioclim_current) <- names_bioclim_des
#RECORTE SEGUN EXTENT
bioclim_curr_crop <- raster::mask(crop(bioclim_current,
vertBuffer_05min_4326),vertBuffer_05min_4326)
names(bioclim_curr_crop) <- names_bioclim_des
#PROYECCION
projection(bioclim_curr_crop) <- CRS("+init=epsg:4326")
#PLOT
plot(bioclim_curr_crop[[1]])
plot(vertBuffer_05min_4326, color = "", border = "black", add = T)
plot(ec, color = "", border = "blue", add = T)
#CREAR CARPETA
sapply(paste0("3_raster/var_bio_2-5min_",vertname), function(x) if
(!dir.exists(x))
  dir.create(x, recursive = T))
#COPIAR NOMBRE DE BIOCLIMAS
namesr <- paste0(paste0("3_raster/var_bio_2-5min_",vertname,"/"),
names(bioclim_curr_crop), ".asc")
#GUARDAR BIOCLIMAS
wr <- lapply(1:nlayers(bioclim_curr_crop), function(x) {
  raster::writeRaster(bioclim_curr_crop[[x]], filename = namesr[x], format
= "ascii", overwrite=T)
})
## 8. DESCARGAR BIOCLIMAS LGM 2.5'
#####
#LINK Y NOMBRES DE BIOCLIMAS
link_bio_lgm <-
"https://bioge.ucdavis.edu/data/climate/cmip5/lgm/cclgmmbi_2-5m.zip"
names_bioclim_des <- c("bio_01", "bio_10", "bio_11", "bio_12", "bio_13",
"bio_14", "bio_15", "bio_16", "bio_17", "bio_02",
"bio_03", "bio_04", "bio_05", "bio_06", "bio_07")
#CREAR CARPETA
sapply("3_raster/download/cclgmmbi_2-5m", function(x) if (!dir.exists(x))
  dir.create(x, recursive = T))
#DESCARGAR BIOCLIMAS
{
  options(timeout = max(1000, getOption("timeout")))
  if (!file.exists(file.path("3_raster/download/cclgmmbi_2-5m", "cclgmmbi_2-
5m.zip"))) {
    download.file(link_bio_lgm, destfile =
file.path("3_raster/download/cclgmmbi_2-5m",
          "cclgmmbi_2-5m.zip"))
    unzip(file.path("3_raster/download/cclgmmbi_2-5m", "cclgmmbi_2-5m.zip"),

```

```

        exdir = "3_raster/download/cclgmmbi_2-5m") }
    bioclim_lgm <- raster::stack(list.files(path =
"3_raster/download/cclgmmbi_2-5m",
                                pattern = ".tif$",
                                full.names = TRUE)) [[-c(10, 11,
18, 19)]]
}
#CAMBIAR NOMBRES
names(bioclim_lgm) <- names_bioclim_des
#RECORTE SEGUN EXTENT
bioclim_lgm_crop <- mask(crop(bioclim_lgm, vertBuffer_05min_4326),
vertBuffer_05min_4326)
names(bioclim_lgm_crop) <- names_bioclim_des
#PROYECCION
projection(bioclim_lgm_crop) <- CRS("+init=epsg:4326")
#PLOT
plot(bioclim_lgm_crop[[1]])
plot(vertBuffer_05min_4326, color = "", border = "black", add = T)
plot(ec, color = "", border = "blue", add = T)
#CREAR CARPETA
sapply(paste0("3_raster/var_bio_lgm_", vertname), function(x) if
(!dir.exists(x))
  dir.create(x, recursive = T))
#COPIAR NOMBRE DE BIOCLIMAS
namesr <- paste0(paste0("3_raster/var_bio_lgm_", vertname, "/"),
names(bioclim_lgm_crop), ".asc")
#GUARDAR BIOCLIMAS
wr <- lapply(1:nlayers(bioclim_lgm_crop), function(x) {
  raster::writeRaster(bioclim_lgm_crop[[x]], filename = namesr[x], format =
"ascii", overwrite=T)
})

```

Anexo 2. Script para la descarga y unión de bases de datos de los registros de presencia

```
## 1. LIBRERIAS
#####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, sf, ellipsenm, kuenm, tidyverse,
              datasets, sp, rmapshaper, grinnell, data.table, geodata)
getwd()
library("dplyr")
install.packages("ggplot2")
install.packages("readRDS")
## 2. VARIABLES
#####
#LIMPIAR AREA DE TRABAJO
rm(list = ls(all.names = TRUE))ycat("\014")ygraphics.off()
#CREAR VARIABLES
genus <- "Alseis" # Seleccionar genero
species <- "eggersi" # Seleccionar especie
nm_sp <- "Als_egg" # Seleccionar abreviatura de la especie
name_sp <- paste0(genus, " ", species)
dis_het <- "_5_1km"
umbral_min <- 0 # Seleccionar rango altitudinal de la especie
umbral_max <- 1000 # Seleccionar rango altitudinal de la especie
ec <- sf::st_read("2_vector/ecu_diss_4326.shp")
vertiente <- sf::st_read("2_vector/pfafstetter_nivel_1_ec_4326.shp")
vertiente <- vertiente[vertiente$dhnom == "Pacífico", ] # Seleccionar
Amazonas o Pacífico
vertname <- "Pacífico"
alt <- raster(paste0("3_raster/wc_alt_",vertname, ".tif"))
mxpath <- "C:/maxent"
## 3. DESCARGA DE DATOS DE GBIF
#####
#CARGAR DATOS NECESARIOS PARA DESCARGA
plot(st_geometry(vertiente))
##DESCARGA
occ <- sp_occurrence(genus = genus, species = species, ext = vertiente, geo
= T,
                    download = TRUE, fixnames = F)
#GUARDAR CSV
sapply("4_data_csv/paso_1", function(x) if (!dir.exists(x))
      dir.create(x, recursive = T))
write.csv(occ, paste0("4_data_csv/paso_1/", nm_sp, "_gbif", ".csv"),
         row.names = F)
## 4. REUBICACION DE DATOS
#####
#BNDB
#file.copy(from = paste0(nm_sp, "_bndb", ".csv"),
#          to = paste0("4_data_csv/paso_1/", nm_sp, "_bndb", ".csv"))
#file.remove(paste0(nm_sp, "_bndb", ".csv"))
## 5. UNION DE BASES DE DATOS
#####
#CARGAR DATOS
df1 <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_1/", nm_sp, "_gbif", ".csv"))
df2 <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_1/", nm_sp, "_bndb", ".csv"))
df3 <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_1/", nm_sp, "_hrbloja", ".csv"))
#RENOMBRAR COLUMNAS DE DATA FRAME 1
df1 <- setnames(df1, old = c("scientificName",
'decimalLongitude', 'decimalLatitude'),
              new = c('species', 'longitud', 'latitud'))
df2 <- setnames(df2, old = c("scientificName",
'decimalLongitude', 'decimalLatitude'),
              new = c('species', 'longitud', 'latitud'))
```

```

df1 <- df1[, c('species','longitudo','latitudo')]
df2 <- df2[, c('species','longitudo','latitudo')]
#UNIR DATASETS
df_merge <- rbind(df1, df2)
#NOMBRE ESPECIE
df_merge$species <- name_sp
#PLOT
plot(st_geometry(vertebrata), color = "", border = "blue", add = T)
points(df_merge[, 2:3])
#GUARDAR CSV
sapply("4_data_csv/paso_2", function(x) if(!dir.exists(x))
  dir.create(x, recursive = T))
write.csv(df_merge, paste0("4_data_csv/paso_2/", nm_sp, "_merge_", vertname,
".csv"),
  row.names = F)

```

Anexo 3. Script para el filtrado de datos de los registros de presencia

```
## 6. FILTRADO DE DATOS
#####
#CARGAR DATOS
occ <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_2/", nm_sp, "_merge_", vertname,
".csv"),
               header = TRUE, sep = ",", dec = ".")
#EXCLUIR DATOS SIN COORDENADAS
occ_1 <- occ[!is.na(occ$longitud) y !is.na(occ$latitud), ]
#EXCLUIR DUPLICADOS
occ_1$code <- paste(occ_1$species, occ_1$longitud,
                   occ_1$latitud, sep = "_")
occ_2 <- occ_1[!duplicated(occ_1$code), 1:4]

#EXCLUIR VALORES DE CERO
occ_3 <- occ_2[occ_2$longitud != 0 y occ_2$latitud != 0, 1:3]
#CREAR CARPETA
sapply("4_data_csv/paso_3", function(x)if(!dir.exists(x))
      dir.create(x, recursive = T))
#GUARDAR CSV
write.csv(occ_3, paste0("4_data_csv/paso_3/", nm_sp, "_filt_",vertname,
".csv"),
         row.names = FALSE)
## 7. ANALISIS DE DATOS ATIPICOS
#####
#CARGAR DATOS
occ_filt <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_3/", nm_sp, "_filt_",vertname,
".csv"),
                   header = TRUE, sep = ",", dec = ".")

#PUNTOS SHP
spatial_pts <- SpatialPointsDataFrame(occ_filt[,2:3], occ_filt,
                                     proj4string = CRS("+init=epsg:4326"))
spatial_pts<- st_as_sf(spatial_pts)
#RECORTE AREA ESTUDIO
#sf::sf_use_s2(FALSE) #apague el procesamiento s2 para usar version 1.0 de
sf
spatial_pts <- st_intersection(spatial_pts, vertiente)
spatial_pts$rmshpr <- NULL
plot(st_geometry(vertiente))
plot(spatial_pts[1], add = T)
#CREAR CARPETA
sapply("2_vector/registros_sp", function(x)if(!dir.exists(x))
      dir.create(x, recursive = T))
#GUARDAR REGISTROS
st_write(spatial_pts, paste0("2_vector/registros_sp/", nm_sp,
"_filt_",vertname, ".shp"),
        driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
#CARGAR PUNTOS SHP
spatial_pts_filt <- readOGR(paste0("2_vector/registros_sp/", nm_sp,
"_filt_",vertname, ".shp"))
#EXTRACCION ALTITUD
data <- data.frame(spatial_pts_filt$species, coordinates(spatial_pts_filt),
                  raster::extract(alt, spatial_pts_filt))
#ACTUALIZAR NOMBRES COLUMNAS
names(data) <- c("species", "longitud", "latitud", "alt")
names(data)
#ELIMINAR PUNTOS NA
data <- na.omit(data)
#PLOT
plot(alt)
```

```

points(data[, 2:3])
#VISUALIZAR DATOS
data %>% arrange(desc(alt)) %>% head(20)
data %>% arrange(desc(alt)) %>% tail(20)
#ELIMINAR DATOS ATIPICOS
data_umb_min <- data[data$alt > umbral_min, ]
data_umb_max <- data_umb_min[data_umb_min$alt < umbral_max, ]
png(paste0("4_data_csv/", name_sp, "_boxplot_alt_", vertname, ".png"), width
    = 720, height = 400,
    units = "px")
boxplot(data$alt, horizontal=T)
stripchart(data$alt, method = "jitter", pch = 1, add = TRUE, col = "blue")
stripchart(data_umb_max$alt, method = "jitter", pch = 20, add = TRUE, col =
"red")
dev.off()
#CREAR CARPETA
sapply("4_data_csv/paso_4", function(x) if(!dir.exists(x))
    dir.create(x, recursive = T))
#GUARDAR CSV
write.csv(data_umb_max, paste0("4_data_csv/paso_4/", nm_sp,
"_alt_", vertname, ".csv"),
    row.names = F)
## 8. DATOS HETEROGENEIDAD ARCMAP
#####
#     NOTA: REVISAR SISTEMAS DE PROYECCION DE LOS ARCHIVOS QUE SE VAN A
UTILIZAR
#     EN EL ANALISIS
# CARGAR DATOS PARA CAMBIAR CSV A SHP
data_filt_alt <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_4/", nm_sp,
"_alt_", vertname, ".csv"),
    header = TRUE, sep = ",", dec = ".")
#PUNTOS SHP
spatial_pts_alt <- SpatialPointsDataFrame(data_filt_alt[, 2:3],
data_filt_alt,
    proj4string =
CRS("+init=epsg:4326"))
spatial_pts_alt <- st_as_sf(spatial_pts_alt)
#GUARDAR REGISTROS SHP
st_write(spatial_pts_alt,
paste0("2_vector/registros_sp/", nm_sp, "_alt_", vertname, ".shp"),
    driver = "ESRI Shapefile", delete_dsn = T, delete_layer = T)
#CREAR CARPETAS DE TRABAJO
sapply(paste0("5_heterogeneidad/paso_1_", vertname), function(x) if
(!dir.exists(x))
    dir.create(x, recursive = T))
sapply(paste0("5_heterogeneidad/paso_2_", vertname), function(x) if
(!dir.exists(x))
    dir.create(x, recursive = T))
sapply(paste0("5_heterogeneidad/", nm_sp, dis_het, "_", vertname),
function(x) if
    (!dir.exists(x)) dir.create(x, recursive = T))
## 9. CALCULO DE HETEROGENEIDAD CLIMÁTICA
#####
## Esto se lo realiza con ArcMap y SDMToolBox

```

Anexo 4. Script para determinar las áreas de calibración.

```
## 10. AREAS DE CALIBRACION
#####
##### SOLO PARA CALCULO DE M TRABAJAR CON BIOCLIMAS RES = 2.5'
#CARPETA DE TRABAJO
sapply(paste0("6_calibracion/", nm_sp, dis_het, "_", vertname),
function(x)if(!dir.exists(x))
  dir.create(x, recursive = T))
#CARPETA DE DATOS CSV PASO 5
sapply("4_data_csv/paso_5", function(x)if(!dir.exists(x))
  dir.create(x, recursive = T))
#COPIAR OCCURENCIAS FILTRADAS
occ_het <- read.csv(paste0("5_heterogeneidad/", nm_sp,
dis_het, "_", vertname, "/",
  nm_sp,
dis_het, "_", vertname, "_rarefied_points.csv"), header = T)
#ELIMINAR COLUMNAS INECESARIAS
occ_het$RASTERVALU <- NULL
occ_het$salt <- NULL
#GUARDAR CSV
write.csv(occ_het, paste0("4_data_csv/paso_5/", nm_sp,
dis_het, "_", vertname,
  "_rarefied_points.csv"), row.names = F)
#CARGAR DATOS
bioclim_current <- raster::stack(list.files(path =
paste0("3_raster/var_bio_2-5min_", vertname),
  pattern = ".asc$",
  full.names = T))
bioclim_lgm <- raster::stack(list.files(path =
paste0("3_raster/var_bio_lgm_", vertname),
  pattern = ".asc$", full.names =
T))
occ_het <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_5/", nm_sp,
dis_het, "_", vertname,
  "_rarefied_points.csv"), header = T)
#REVISAR EXTENT
extent(bioclim_current)
extent(bioclim_lgm)
bioclim_current@extent==bioclim_lgm@extent
extent(bioclim_current) <- extent(bioclim_lgm)
bioclim_current@extent==bioclim_lgm@extent
#SIMULACION
help("M_simulationR")
M_simulationR(occ_het, current_variables = bioclim_current, project = T,
  projection_variables = bioclim_lgm, dispersal_kernel =
"normal",
  kernel_spread = 2, max_dispersers = 2, replicates = 10,
  dispersal_events =10, simulation_period = 70, stable_lgm =
25,
  transition_to_lgm = 10, lgm_to_current = 10, stable_current =
25,
  scenario_span = 1, output_directory =
paste0("6_calibracion/",
  nm_sp, dis_het, "_", vertname,
"/m_grinnell"),
  scale = T, center = T)
```

Anexo 5. Script para el análisis de contribución, permutación, Jackknife y correlación.

```
## 11. RECORTE BIOCLIMAS SEGUN M
#####
#NOMBRES BIOCLIMAS
names_bioclim <- c("bio_01", "bio_02", "bio_03", "bio_04", "bio_05",
"bio_06",
                "bio_07", "bio_10", "bio_11", "bio_12", "bio_13",
"bio_14",
                "bio_15", "bio_16", "bio_17")

#CARGAR DATOS
bioclim_30s <-
raster::stack(list.files(paste0("3_raster/var_bio_30s_",vertname), pattern
= ".asc$",
                        full.names = T))
m_grinnell <- st_read(paste0("6_calibracion/", nm_sp,dis_het,"_",vertname,
"/m_grinnell/",
                        "accessible_area_M.shp"))
m_grinnell <- st_transform(m_grinnell, crs = 4326)
#RECORTE
bioclim_mask <- mask(crop(bioclim_30s, m_grinnell), m_grinnell)
names(bioclim_mask) <- names_bioclim
#PLOT
plot(bioclim_mask[[1]])
plot(vertiente, color = "", add = T)
#CREAR CARPETA
dir.create(paste0("6_calibracion/", nm_sp,dis_het,"_",vertname,
"/mask_var"), recursive = T)
#COPIAR NOMBRE DE BIOCLIMAS
namesr <- paste0(paste0("6_calibracion/", nm_sp,dis_het,"_",vertname,
"/mask_var/"), names(bioclim_mask),
                ".asc")
#GUARDAR BIOCLIMAS
wr <- lapply(1:nlayers(bioclim_mask), function(x) {
  writeRaster(bioclim_mask[[x]], filename = namesr[x], format = "ascii",
  overwrite=T)
})
## 12. SELECCION DE BIOCLIMAS
#####
#CARGAR DATOS
occ_het <- read.csv(paste0("4_data_csv/paso_5/", nm_sp,
dis_het,"_",vertname, "_rarefied_points",
                ".csv"))
bioclim_mask <- raster::stack(list.files(paste0("6_calibracion/",
nm_sp,dis_het,"_",vertname, "/mask_var"),
                pattern = ".asc$", full.names =
TRUE))
#ANALISIS JACKKNIFE
bioclim_cont <- explore_var_contrib(occ = occ_het, M_variables =
bioclim_mask,
                                maxent.path = mxpath, plot = F,
                                max.memory = 1200)
#GUARDAR PLOT
png(paste0("6_calibracion/", nm_sp,dis_het,"_",vertname,
"/jackknife","_",name_sp,".png"), width = 560, height = 560,
    units = "px")
plot <- plot_contribution(bioclim_cont, col.cont = "gray25", col.imp =
"gray25",
                        col.with = "blue3", col.without = "cyan3",
                        col.all = "black")
dev.off()
```

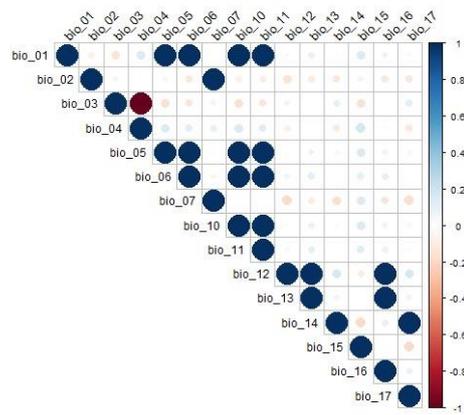
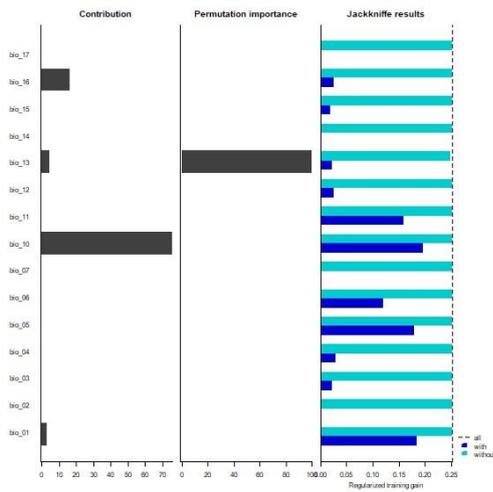
```

#ANALISIS CORRELACION
png(paste0("6_calibracion/", nm_sp, dis_het, "_", vertname,
"/correlation", "_", name_sp, ".png"), width = 510,
    height = 510, units = "px")
cor <- variable_correlation(bioclim_mask, correlation_limit = 0.8, corrplot
= T,
                            magnify_to = 4, save = F)
dev.off()
#TABLA DE BIOCLIMAS SELECCIONADAS
vars_select <- data.frame("name_bioclim" = c("bio_02", "bio_04", "bio_07",
"bio_11", "bio_13", "bio_15",
"bio_17"),
                        "order_bioclim" = c(2, 4, 7, 11-2, 13-2, 15-2,
17-2))
#GUARDAR CSV
write.csv(vars_select, paste0("6_calibracion/", nm_sp,
dis_het, "_", vertname, "/var_select.csv"),
          row.names = F)

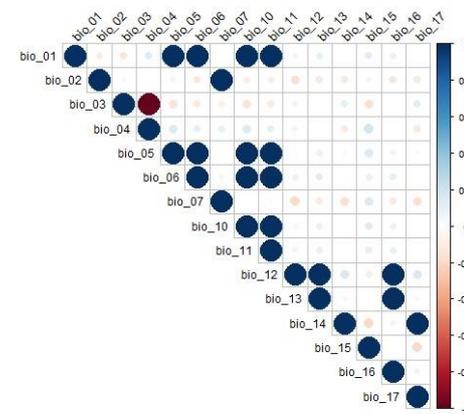
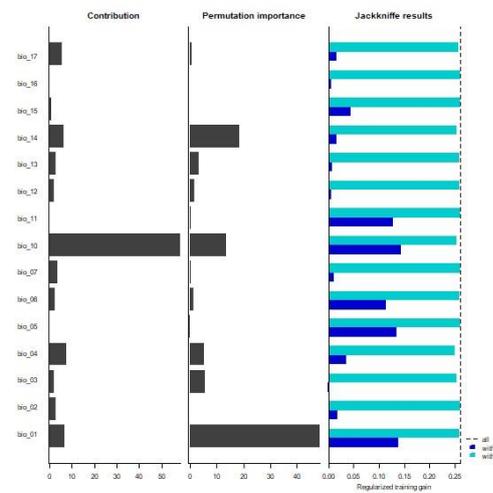
```

Anexo 6. Graficas para el análisis de contribución, permutación, Jackknife y correlación.

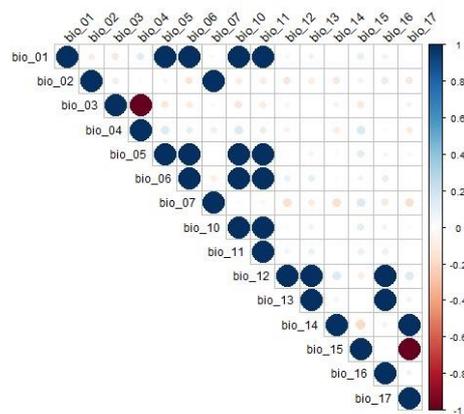
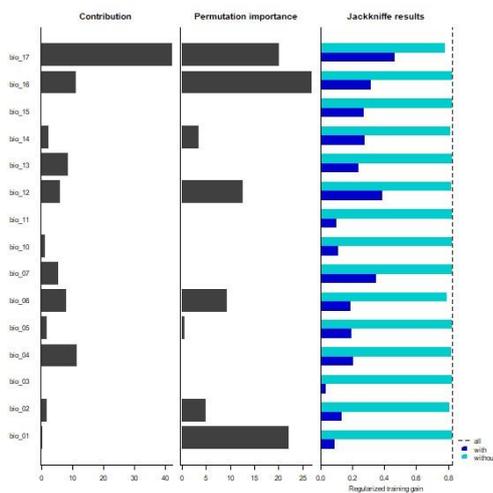
• *Alseis eggersii*



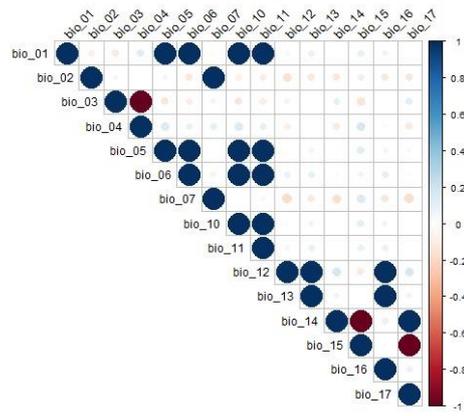
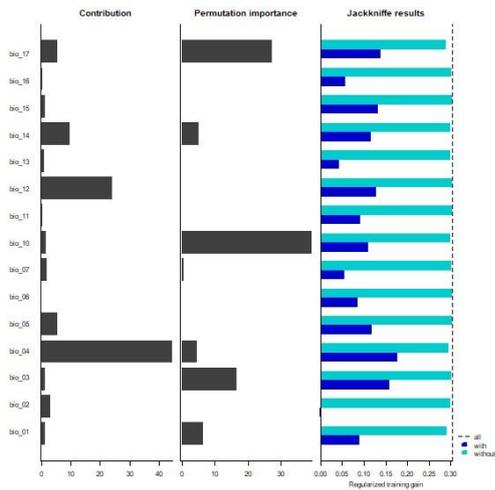
• *Cordia alliodora*



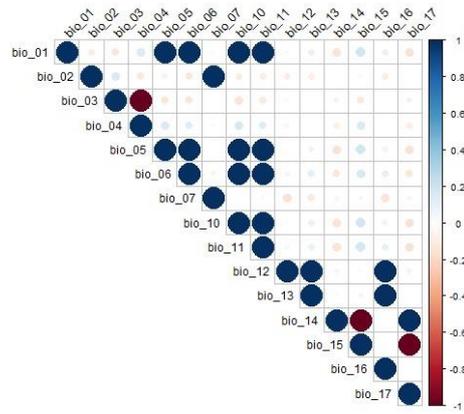
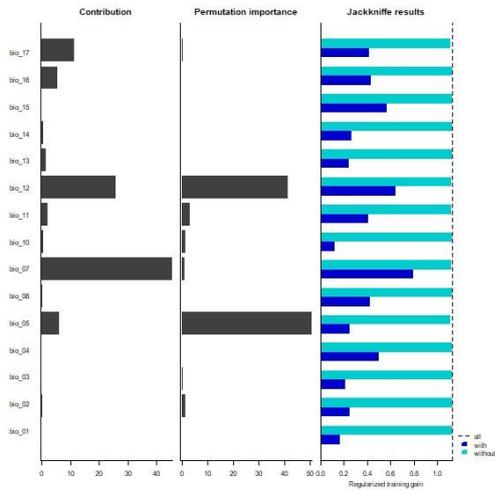
• *Geoffroea spinosa*



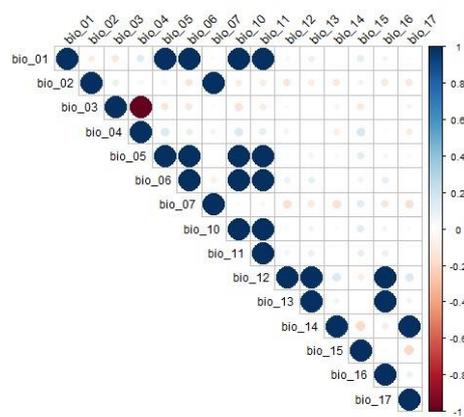
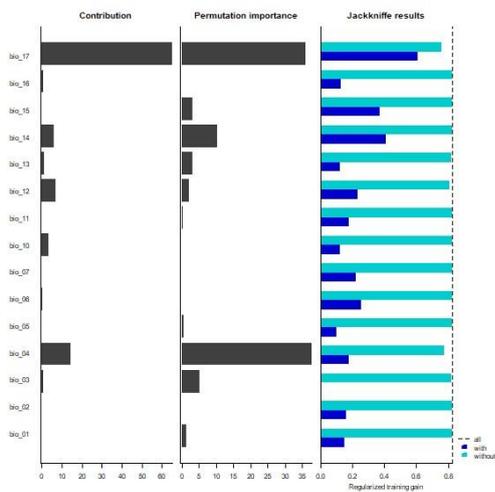
• *Handroanthus chrysanthus*



• *Loxopterygium huasango*



• *Machaerium millei*



Anexo 7. Script para determinar las áreas de adecuación.

```
# 1. LIBRERIAS
#####
#CARGAR LIBRERIAS
pacman::p_load(raster, rgeos, rgdal, kuenm, sf, rmapshaper)
# 2. VARIABLES
#####
#LIMPIAR ESPACIO DE TRABAJO
rm(list = ls(all.names = TRUE))ycat("\014")ygc()
genus <- "Alseis" # Seleccionar genero
species <- "eggersii" # Seleccionar especie
nm_sp <- "Als_egg" # Seleccionar abreviatura de la especie
name_sp <- paste0(genus, " ", species)
dis_het <- "_5_1km"
mxpath <- "C:/maxent"
back.number <- 5000
thresh.number <- 5
back.thresh <- "_5k_5"
regm <- c(0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 3)
fclas <- "no.t.h"
ec <- sf::st_read("2_vector/ecu_diss_4326.shp")
vertiente <- sf::st_read("2_vector/pfafstetter_nivel_1_ec_4326.shp")
vertiente <- vertiente[vertiente$dhnom == "Pacífico", ] # Seleccionar
Amazonas o Pacifico
vertname <- "Pacífico"
dir.create(paste0("7_modelos/", paste0(nm_sp,
dis_het,back.thresh,"_",vertname), "/m_variables"), recursive = T)
dir.create(paste0("7_modelos/", paste0(nm_sp,
dis_het,back.thresh,"_",vertname), "/g_variables"), recursive = T)
# 3. DATOS PARA CALIBRACION
#####
#COPIAR OCCURENCIAS
file.copy(from = paste0("4_data_csv/paso_5/",nm_sp,
dis_het,"_",vertname,"_rarefied_points.csv"),
to = paste0("7_modelos/", nm_sp,
dis_het,back.thresh,"_",vertname,"/",nm_sp, ".csv"))
#COPIAR BIOCLIMAS SELECCIONADAS
table_select <- read.csv(paste0("6_calibracion/", nm_sp,
dis_het,"_",vertname, "/var_select.csv"))
table_select <- as.numeric(table_select$order_bioclim)
bioclim_select <- stack(list.files(path =
paste0("6_calibracion/",nm_sp,dis_het,"_",vertname, "/mask_var"),
pattern = ".asc$",full.names =
T))[[c(table_select)]]
names(bioclim_select)
namesr <-
paste0(paste0("7_modelos/",nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/m_variables/"),
names(bioclim_select), ".asc")
wr <- lapply(1:nlayers(bioclim_select), function(x) {
writeRaster(bioclim_select[[x]], filename = namesr[x], format = "ascii",
overwrite = T)
})
#CARGAR DATOS
occurrences <- read.csv(paste0("7_modelos/", nm_sp,
dis_het,back.thresh,"_",vertname,"/",nm_sp, ".csv"))
bioclim_select <-
raster::stack(list.files(paste0("7_modelos/",nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",
vertname, "/m_variables/"),
pattern = ".asc$", full.names = TRUE))
```

```

#DATOS PRUEBA Y ENTRENAMIENTO
help(prepare_swd)
prepare_swd(occ = occurrences, species = "species", longitude =
"longitude",
            latitude = "latitude", data.split.method = "random",
            train.proportion = 0.7, raster.layers = bioclim_select,
            sample.size = back.number, var.sets = "all_comb", min.number =
3,
            save = TRUE, name.occ = paste0("7_modelos/",
nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname, "/occ"),
            back.folder = paste0("7_modelos/",
nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname, "/Background"),
            set.seed = 1)
# 4. CALIBRACION DE MODELOS
#####
#VARIABLES PARA CALIBRACION
oj <- paste0("7_modelos/", nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/occ_joint.csv")
otr <- paste0("7_modelos/", nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/occ_train.csv")
ote <- paste0("7_modelos/", nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/occ_test.csv")
back <- paste0("7_modelos/", nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/Background")
bcal <- paste0("7_modelos/", nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/batch_cal")
candir <- paste0("7_modelos/", nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/Candidate_models")
cresdir <- paste0("7_modelos/", nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname,
"/Calibration_results")
#CALIBRACION
help(kuenm_cal_swd)
kuenm_cal_swd(occ.joint = oj, occ.tra = otr, occ.test = ote, back.dir =
back,
            batch = bcal, out.dir.models = candir, reg.mult = regm,
            f.clas = fclas, max.memory = 1024, args = NULL,
            maxent.path = mxpath,selection = "OR_AICc", threshold =
thresh.number,
            rand.percent = 50, iterations = 500, kept = TRUE,
            out.dir.eval = cresdir)
# 5. RECORTE BIOS SELECCIONADOS PARA LA PROYECCION DEL MODELO FINAL
#####
#CREACION DE TABLA Y VARIABLE NECESARIA
set <- "set_98"
table_set_select <- data.frame("name_bioclim" = c(
"bio_04","bio_07","bio_11","bio_13","bio_15","bio_17"),
"order_bioclim" = c( 4,7,11-2,13-2,15-2,17-
2))
write.csv(table_set_select, paste0("7_modelos/",
nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname, "/var_set_select.csv"),
row.names = F)
#CARGAR DATOS
table_set_select <- read.csv(paste0("7_modelos/",
nm_sp,dis_het,back.thresh,"_",vertname, "/var_set_select.csv"))
table_set_select <- as.numeric(table_set_select$order_bioclim)
bioclim_set_select <- raster::stack(list.files(path =
paste0("3_raster/var_bio_30s_",vertname) ,
            pattern = ".asc$",
            full.names = T))[[c(table_set_select)]]
bioclim_set_select

```

```

#PLOT
plot(st_geometry(ec))
plot(bioclim_set_select[[1]], add = TRUE)
#CREAR CARPETA
dir.create(paste0("7_modelos/", nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname,
"/g_variables/", set, "/Ecuador_current"),
recursive = T)
#COPIAR NOMBRES DE BIOCLIMAS
namesr <- paste0(paste0("7_modelos/",
nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/g_variables/", set,
"/Ecuador_current/"),
names(bioclim_set_select), ".asc")
#GUARDAR BIOCLIMAS
wr <- lapply(1:nlayers(bioclim_set_select), function(x) {
writeRaster(bioclim_set_select[[x]], filename = namesr[x], format =
"ascii",
overwrite=T)
})
# 6. PROYECCION DEL MODELO
#####
help("kuenm_mod_swd")
kuenm_mod_swd(occ.joint = oj, back.dir = back, out.eval = cresdir,
batch = paste0("7_modelos/",
nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/batch_mod"), rep.n = 10,
rep.type = "Bootstrap", jackknife = T, max.memory = 1024,
out.format = "cloglog", project = T,
G.var.dir = paste0("7_modelos/",
nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/g_variables"),
ext.type = "ext", write.mess = F, write.clamp = F,
maxent.path = mxpath, args = NULL,
out.dir = paste0("7_modelos/",
nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/Final_models"), wait = T,
run = TRUE)
# 7. ESTADISTICAS DEL MODELO
#####
help(kuenm_modstats_swd)
kuenm_modstats_swd(sp.name = name_sp,
fmod.dir = paste0("7_modelos/",
nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/Final_models"),
format = "asc", statistics = c("med", "mean", "range",
"sd"),
proj.scenarios = "Ecuador_current", ext.type = "E",
out.dir = paste0("7_modelos/",
nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/Final_Model_Stats"))
# 8. BINARIZACION DEL MODELO
#####
#CARGAR DATOS
model <- raster(paste0("7_modelos/",
nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/Final_Model_Stats/",
"Statistics_E/Ecuador_current_med.tif"))
#PLOT
plot(model)
#DETERMINACION DEL UMBRAL
fols <- dir(paste0("7_modelos/", nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname,
"/Final_models"), full.names = T)
lcsv <- lapply(fols, function(x) {
vec <- list.files(x, pattern = "\\d_samplePredictions.csv$", full.names =
T)
print(vec)
sapply(vec, function(y) {
read.csv(y)[, "Cloglog.prediction"]

```

```

    })
  })
  preds <- do.call(cbind, lcsv)
  median_pred <- apply(preds, 1, median)
  val <- ceiling(length(median_pred) * 0.05) + 1
  values <- sort(median_pred)
  thres <- values[val]
  print(thres)
  threshold <- data.frame("threshold" = thres)
  write.csv(threshold, paste0("7_modelos/",
    nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/threshold.csv"),
    row.names = F)
  #PLOT
  model_bin <- model >= thres
  plot(model_bin)
  #PROYECCION
  projection(model_bin) <- CRS("+init=epsg:4326")
  #GUARDAR RASTER
  writeRaster(model_bin, paste0("7_modelos/",
    nm_sp, dis_het, back.thresh, "_", vertname, "/Binario.tif"),
    format = "GTiff", overwrite=T)

```

Anexo 8. Script para la determinación de la superficie de bosque nativo de las especies.

```
## 1. INSTALAR PAQUETES ####
install.packages("sf")
install.packages("sp")
install.packages("rmapshaper")
install.packages("rgdal")
install.packages("raster")
install.packages("rgeos")
install.packages("stringr")
install.packages("dplyr")
install.packages("tidyverse")
install.packages("GISTools")
install.packages("lwgeom")
install.packages("ggeasy")
install.packages("scales")
# 2. DESCARGAR SHP CUT ####
#CREAR CARPETA
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
sapply(dir_cut, function(x)if(!dir.exists(x)) dir.create(x, recursive = T))
#a. 1990
#LINK
link_cut_90 <- "http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/ows?service=WFS&version=1.0.0&format_options=CHARSET=UTF-8&request=GetFeature&typeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_1990_ayoutputFormat=SHAPE-ZIP"
#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_1990_a.zip"))){
  download.file(link_cut_90,
                destfile = file.path(dir_cut,
                                     "v_ff010_cobertura_vegetal_1990_a.zip"),
                method = "curl")
  unzip(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_1990_a.zip"), exdir = dir_cut)
}
#b. 2000
#LINK
link_cut_20 <- "http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/ows?service=WFS&version=1.0.0&format_options=CHARSET=UTF-8&request=GetFeature&typeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2000_ayoutputFormat=SHAPE-ZIP"
#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2000_a.zip"))){
  download.file(link_cut_20,
                destfile = file.path(dir_cut,
                                     "v_ff010_cobertura_vegetal_2000_a.zip"),
                method = "curl")
  unzip(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2000_a.zip"), exdir = dir_cut)
}
#c. 2008
#LINK
link_cut_08 <- "http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/ows?service=WFS&version=1.0.0&format_options=CHARSET=UTF-8&request=GetFeature&typeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2008_ayoutputFormat=SHAPE-ZIP"
#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
```

```

if (!file.exists(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2008_a.zip"))){
  download.file(link_cut_08,
                destfile = file.path(dir_cut,
                                     "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2008_a.zip"),
                method = "curl")
  unzip(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2008_a.zip"), exdir =
dir_cut)
}
#d. 2014
#LINK
link_cut_14 <- "http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/ows?ser-
vice=WFS&version=1.0.0&format_options=CHARSET=UTF-8&request=GetFeature&y-
typeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2014_a&outputFormat=SHAPE-ZIP"
#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2014_a.zip"))){
  download.file(link_cut_14,
                destfile = file.path(dir_cut,
                                     "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2014_a.zip"),
                method = "curl")
  unzip(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2014_a.zip"), exdir =
dir_cut)
}
#e. 2016
#LINK
link_cut_16 <- "http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/ows?ser-
vice=WFS&version=1.0.0&format_options=CHARSET=UTF-8&request=GetFeature&y-
typeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2016_a&outputFormat=SHAPE-ZIP"
#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2016_a.zip"))){
  download.file(link_cut_16,
                destfile = file.path(dir_cut,
                                     "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2016_a.zip"),
                method = "curl")
  unzip(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2016_a.zip"), exdir =
dir_cut)
}
#f. 2018
#LINK
link_cut_18 <- "http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/ows?ser-
vice=WFS&version=1.0.0&format_options=CHARSET=UTF-8&request=GetFeature&y-
typeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2018_a&outputFormat=SHAPE-ZIP"
#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2018_a.zip"))){
  download.file(link_cut_18,
                destfile = file.path(dir_cut,
                                     "v_ff010_cobertura_vege-
tal_2018_a.zip"),
                method = "curl")
  unzip(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2018_a.zip"), exdir =
dir_cut)
}

```

```

#f. 2020
#LINK
link_cut_18 <- "http://ide.ambiente.gob.ec/geoserver/mae_ide/ows?service=WFS&version=1.0.0&format_options=CHARSET=UTF-8&request=GetFeature&typeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2018_ayoutputFormat=SHAPE-ZIP"
#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2020_a.zip"))){
  download.file(link_cut_18,
                destfile = file.path(dir_cut,
                                      "v_ff010_cobertura_vegetal_2020_a.zip"),
                method = "curl")
  unzip(file.path(dir_cut, "v_ff010_cobertura_vegetal_2020_a.zip"),
        exdir = dir_cut)
}

```

Anexo 9. Script para el recorte de bosque nativo con las áreas de adecuación.

```
# 1. CARGAR LIBRERIAS #####
pacman::p_load(rgdal, sf, sp, cleangeo, rmapshaper, raster, rgeos, scales)
# 2. EXTRACCION DEL BN 1990-2018 #####
#CARGAR DATOS
cut_1990 <- st_read("2_vector/MAE/1990/v_ff010_cobertura_vegetal_1990_aPolygon.shp")
cut_2000 <- st_read("2_vector/MAE/2000/v_ff010_cobertura_vegetal_2000_aPolygon.shp")
cut_2008 <- st_read("2_vector/MAE/2008/v_ff010_cobertura_vegetal_2008_aPolygon.shp")
cut_2014 <- st_read("2_vector/MAE/2014/v_ff010_cobertura_vegetal_2014_aPolygon.shp")
cut_2016 <- st_read("2_vector/MAE/2016/v_ff010_cobertura_vegetal_2016_aPolygon.shp")
cut_2018 <- st_read("2_vector/MAE/2018/v_ff010_cobertura_vegetal_2018_aPolygon.shp")
cut_2020 <- st_read("2_vector/MAE/2020/v_ff010_cobertura_vegetal_2020_aPolygon.shp")
#1900
bn <- cut_1990[(cut_1990$cobertura1 == "BOSQUE NATIVO" ), ]
st_write(bn, "2_vector/bn_1990.shp", delete_layer = T, driver = "ESRI Shapefile")
#2000
bn <- cut_2000[(cut_2000$cobertura1 == "BOSQUE NATIVO" ), ]
st_write(bn, "2_vector/bn_2000.shp", delete_layer = T, driver = "ESRI Shapefile")
#2008
bn <- cut_2008[(cut_2008$cobertura1 == "BOSQUE NATIVO" ), ]
st_write(bn, "2_vector/bn_2008.shp", delete_layer = T, driver = "ESRI Shapefile")
#2014
bn <- cut_2014[(cut_2014$cobertura1 == "BOSQUE NATIVO" ), ]
st_write(bn, "2_vector/bn_2014.shp", delete_layer = T, driver = "ESRI Shapefile")
#2016
bn <- cut_2016[(cut_2016$cobertura1 == "BOSQUE NATIVO" ), ]
st_write(bn, "2_vector/bn_2016.shp", delete_layer = T, driver = "ESRI Shapefile")
#2018
bn <- cut_2018[(cut_2018$cobertura0 == "BOSQUE NATIVO" ), ]
st_write(bn, "2_vector/bn_2018.shp", delete_layer = T, driver = "ESRI Shapefile")
#2020
bn <- cut_2020[(cut_2020$ctn2 == "BOSQUE NATIVO" ), ]
st_write(bn, "2_vector/bn_2020.shp", delete_layer = T, driver = "ESRI Shapefile")
#### SP 1 ####
nm_sp <- "Als_egg"
# 3. MASK BINARIO CON AREA DE ADECUACION M #####
#CARGAR DATOS
#m_grinnell <- st_read(paste0("6_calibracion/", nm_sp, "/m_grinnell/",
#                             "accessible_area_M.shp"))
#binario <- raster(paste0("7_modelos/", nm_sp, "/Binario_alt.tif"))
#REVISAR SI NECESITA CORTE
#plot(binario)
#plot(st_geometry(m_grinnell))
#CORTE
#bin_mask <- mask(crop(binario, m_grinnell), m_grinnell)
#plot(bin_mask)
```

```

# 4. RASTER A VECTOR #####
#binario <- raster(paste0("7_modelos/", nm_sp, "Bin_alt.tif"))
#plot(binario)
#binario <- rasterToPolygons(binario, dissolve = T)
#projection(binario) <- CRS("+init=epsg:4326")
#binario <- st_as_sf(binario)
#binario <- binario[(binario$Binario_alt == 2), ]
#plot(st_geometry(binario))
#st_write(binario, paste0("2_vector/", nm_sp, "_adc.shp"), delete_layer =
T,
#         driver = "ESRI Shapefile")
# 5. CLIP BN #####
#DATOS ADECUACION
adc <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_adc.shp"))
adc <- st_transform(adc, 32717)
#DATOS BOSQUE NATIVO
bn_90 <- st_read("2_vector/bn_1990.shp")
bn_20 <- st_read("2_vector/bn_2000.shp")
bn_08 <- st_read("2_vector/bn_2008.shp")
bn_14 <- st_read("2_vector/bn_2014.shp")
bn_16 <- st_read("2_vector/bn_2016.shp")
bn_18 <- st_read("2_vector/bn_2018.shp")
bn_22 <- st_read("2_vector/bn_2020.shp")
#1990
sf::sf_use_s2(FALSE) #apague el procesamiento s2 para usar version 1.0 de
sf
clip <- st_intersection(bn_90, adc)
clip <- ms_dissolve(clip)
st_is_valid(clip, reason = TRUE)
clip <- st_make_valid(clip)
clip <- st_collection_extract(clip, "POLYGON")
st_write(clip, paste0("2_vector/", nm_sp, "_90.shp"), delete_layer = T)
#2000
clip <- st_intersection(bn_20, adc)
clip <- ms_dissolve(clip)
st_is_valid(clip, reason = TRUE)
clip <- st_make_valid(clip)
clip <- st_collection_extract(clip, "POLYGON")
st_write(clip, paste0("2_vector/", nm_sp, "_20.shp"), delete_layer = T)
#2008
clip <- st_intersection(bn_08, adc)
clip <- ms_dissolve(clip)
st_is_valid(clip, reason = TRUE)
clip <- st_make_valid(clip)
clip <- st_collection_extract(clip, "POLYGON")
st_write(clip, paste0("2_vector/", nm_sp, "_08.shp"), delete_layer = T)
#2014
clip <- st_intersection(bn_14, adc)
clip <- ms_dissolve(clip)
st_is_valid(clip, reason = TRUE)
clip <- st_make_valid(clip)
clip <- st_collection_extract(clip, "POLYGON")
st_write(clip, paste0("2_vector/", nm_sp, "_14.shp"), delete_layer = T)
#2016
clip <- st_intersection(bn_16, adc)
clip <- ms_dissolve(clip)
st_is_valid(clip, reason = TRUE)
clip <- st_make_valid(clip)
clip <- st_collection_extract(clip, "POLYGON")
st_write(clip, paste0("2_vector/", nm_sp, "_16.shp"), delete_layer = T)
#2018

```

```
clip <- st_intersection(bn_18, adc)
clip <- ms_dissolve(clip)
st_is_valid(clip, reason = TRUE)
clip <- st_make_valid(clip)
clip <- st_collection_extract(clip, "POLYGON")
st_write(clip, paste0("2_vector/", nm_sp, "_18.shp"), delete_layer = T)
#2020
clip <- st_intersection(bn_22, adc)
clip <- ms_dissolve(clip)
st_is_valid(clip, reason = TRUE)
clip <- st_make_valid(clip)
clip <- st_collection_extract(clip, "POLYGON")
st_write(clip, paste0("2_vector/", nm_sp, "_22.shp"), delete_layer = T)
```

Anexo 10. Script para el análisis de datos de deforestación.

```
# 1. CARGAR LIBRERIAS #####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, tidyverse, sf, GISTools,
rmapshaper,
                dplyr, ggplot2, lwgeom, scales)
# CARPETA DE TRABAJO
sapply("8_deforestacion", function(x)if(!dir.exists(x)) dir.create(x, re-
cursive = T))
sf::sf_use_s2(FALSE)
##### SP 1 #####
nm_sp <- "Als_egg"
name_sp = "Alseis eggersii"
# 2. CALCULO DE AREA #####
#CARGAR DATOS
bn_90 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_90.shp"))
bn_20 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_20.shp"))
bn_08 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_08.shp"))
bn_14 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_14.shp"))
bn_16 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_16.shp"))
bn_18 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_18.shp"))
bn_22 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_22.shp"))
#1990
bn_90$Area_ha <- st_area(bn_90)/10000 #calcula area en hectareas
bn_90$Area_ha <- ceiling(bn_90$Area_ha) #redondea el valor a entero
bn_90$Especie = name_sp
bn_90$Periodo="1990"
bn_90$rmpshpr <- NULL
bn_90$geometry <- NULL
#2000
bn_20$Area_ha <- st_area(bn_20)/10000
bn_20$Area_ha <- ceiling(bn_20$Area_ha)
bn_20$Especie = name_sp
bn_20$Periodo="2000"
bn_20$rmpshpr <- NULL
bn_20$geometry <- NULL
#2008
bn_08$Area_ha <- st_area(bn_08)/10000
bn_08$Area_ha <- ceiling(bn_08$Area_ha)
bn_08$Especie = name_sp
bn_08$Periodo="2008"
bn_08$rmpshpr <- NULL
bn_08$geometry <- NULL
#2014
bn_14$Area_ha <- st_area(bn_14)/10000
bn_14$Area_ha <- ceiling(bn_14$Area_ha)
bn_14$Especie = name_sp
bn_14$Periodo="2014"
bn_14$rmpshpr <- NULL
bn_14$geometry <- NULL
#2016
bn_16$Area_ha <- st_area(bn_16)/10000
bn_16$Area_ha <- ceiling(bn_16$Area_ha)
bn_16$Especie = name_sp
bn_16$Periodo="2016"
bn_16$rmpshpr <- NULL
bn_16$geometry <- NULL
#2018
bn_18$Area_ha <- st_area(bn_18)/10000
bn_18$Area_ha <- ceiling(bn_18$Area_ha)
bn_18$Especie = name_sp
```

```

bn_18$Periodo="2018"
bn_18$rmpshpr <- NULL
bn_18$geometry <- NULL
#2020
bn_22$Area_ha <- st_area(bn_22)/10000
bn_22$Area_ha <- ceiling(bn_22$Area_ha)
bn_22$Especie = name_sp
bn_22$Periodo="2020"
bn_22$rmpshpr <- NULL
bn_22$geometry <- NULL
# 3. UNION DE TABLAS #####
tabla_1 <- union(bn_90, bn_20)
tabla_2 <- union(tabla_1, bn_08)
tabla_3 <- union(tabla_2, bn_14)
tabla_4 <- union(tabla_3, bn_16)
tabla_5 <- union(tabla_4, bn_18)
tabla_6 <- union(tabla_5, bn_22)
write.csv(tabla_6, paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_bn.csv"), row.names
= F)
# 4. BOSQUE DEGRADADO % #####
bn_sp <- read.csv(paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_bn.csv"), header = T)
percent_sp <- data.frame(round((bn_sp[1,1]-bn_sp[7,1])*100/bn_sp[1,1], 2))
percent_sp["Especie"] <- name_sp
names(percent_sp) <- c("Porcent", "Especie")
write.csv(percent_sp, paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_percent.csv"),
row.names = F)
# 5. UNION BN DEGRADADO #####
files <- list.files(path= "8_deforestacion/", pattern = "_percent.csv$",
full.names = T)
read_files <- lapply(files, read.csv, header = T)
data_total <- do.call(rbind, read_files)
write.csv(data_total, "8_deforestacion/df_percent_acum.csv", row.names = F)
# 6. SUPERFICIE BN #####
files <- list.files(path= "8_deforestacion/", pattern = "_bn.csv$",
full.names = T)
read_files <- lapply(files, read.csv, header = T)
data_total <- do.call(rbind, read_files)
names(data_total) <- c("Area_ha", "Especie", "Periodo")
write.csv(data_total, "8_deforestacion/bn_sp.csv", row.names = F)
# 7. PLOT SUPERFICIE #####
#CARGAR DATOS
data_total <- read.csv("8_deforestacion/bn_sp.csv", header = T)
#MODIFICACION DATOS PARA GRAFICAR
data_total["eti_q_area"] <- prettyNum(data_total$Area_ha, big.mark=",")
data_total["eti_q_period"] <- c("a1990", "b2000", "c2008", "d2014", "e2016",
"f2018", "g2020")
#QUITAR NOTACION CIENTIFICA
options(scipen=999)
#VARIABLES PARA PLOT
year_breaks <- (data_total[1:7, 5])
year_labels <- as.character(data_total[1:7, 3])
# PLOT BN PERIODOS
plot_sp <- ggplot(data_total, aes(x=eti_q_period, y=Area_ha, group = Espe-
cie,
colour = Especie)) +
geom_line(size = 0.6) +
scale_color_manual(values = c("firebrick3", "darkblue", "darkgreen",
"gold4", "pink", "orange"))+
geom_point(size = 1.2, shape = 21, fill="white") +
theme_bw()+

```

```

geom_text(aes(x = etiq_period, y = Area_ha, label = etiq_area), vjust = -
0.7,
          hjust = 0.5, size = 1.5, colour="black", check_overlap = TRUE)+
scale_x_discrete(limits = year_breaks,
                 labels = year_labels)+
scale_y_continuous(labels = scales::comma)+
xlab("Period")+
ylab("Hectares")+
ggtitle(NULL)+
theme(axis.title.x = element_text(size = 6, vjust=-0.3, colour="black"))+
theme(axis.title.y = element_text(size = 6, vjust=2, colour="black"))+
theme(axis.text.x = element_text(vjust=0.5, colour="black", size = 5)) +
theme(axis.text.y = element_text(vjust=0.5, colour="black", angle = 90,
                                size = 5, hjust = 0.5))+
theme(legend.title = element_text(size = 6))+
theme(legend.text=element_text(size = 6))+
theme(legend.position = "bottom", legend.direction = "horizontal")+
theme(plot.margin=unit(c(0.2,0.1,0,0.1), "cm"))+
theme(axis.ticks.length.y = unit(0.25, "cm"),
      axis.ticks.length.x = unit(0.25, "cm"))
plot_sp
sapply("9_graficos", function(x)if(!dir.exists(x)) dir.create(x, recursive
= T))
ggsave(plot_sp, file="9_graficos/bn_sp.png", height = 8, width = 14,
       dpi = 500, units = "cm")

```

Anexo 11. Script para análisis de deforestación en el periodo (1990-2020)

```
# 1. IMPORTAR LIBERIAS #####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, tidyverse, sf, GISTools,
rmapshaper,
              dplyr, ggplot2, gridExtra, ggeasy, scales)
# 2. DEFORESTACION-DENSIDAD PERIODO #####
#CARGAR DATOS
bn_sp <- read.csv("8_deforestacion/bn_sp.csv", header = TRUE, sep = ",",
                dec = ".")
##### SP 1 #####
nm_sp <- "Als_egg"
name_sp <- "Alseis eggersii"
#CALCULO
#1990-2000
df_90_20 <- data.frame(Periodo="1990-2000")
df_90_20$Def <- (bn_sp[1,1])-(bn_sp[2,1])
#2000-2008
df_20_08 <- data.frame(Periodo="2000-2008")
df_20_08$Def <- (bn_sp[2,1])-(bn_sp[3,1])
#2008-2014
df_08_14 <- data.frame(Periodo="2008-2014")
df_08_14$Def <- (bn_sp[3,1])-(bn_sp[4,1])
#2014-2016
df_14_16 <- data.frame(Periodo="2014-2016")
df_14_16$Def <- (bn_sp[4,1])-(bn_sp[5,1])
#2016-2018
df_16_18 <- data.frame(Periodo="2016-2018")
df_16_18$Def <- (bn_sp[5,1])-(bn_sp[6,1])
#2018-2020
df_18_22 <- data.frame(Periodo="2018-2020")
df_18_22$Def <- (bn_sp[6,1])-(bn_sp[7,1])
#UNION DE DATOS
tabla_1 <- union(df_90_20, df_20_08)
tabla_2 <- union(tabla_1, df_08_14)
tabla_3 <- union(tabla_2, df_14_16)
tabla_4 <- union(tabla_3, df_16_18)
tabla_5 <- union(tabla_4, df_18_22)
tabla_5$Especie <- name_sp
write.csv(tabla_5, paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_df.csv"), row.names
= F)
# 3. PLOT PERIODOS-ESPECIES #####
#CARGAR DATOS
files <- list.files(path= "8_deforestacion/", pattern = "_df.csv$",
full.names = T)
read_files <- lapply(files, read.csv, header = T)
def_sp <- do.call(rbind, read_files)
write.csv(def_sp, "8_deforestacion/df_period.csv", row.names = F)
#MODIFICACION DATOS PARA GRAFICAR
def_sp["etiq_def"] <- prettyNum(def_sp$Def, big.mark=",")
def_sp["etiq_per"] <- c("a1990", "b2000", "c2008", "d2014", "e2016",
"f2018") #se pone para poder graficar
#QUITAR NOTACION CIENTIFICA
options(scipen=999)
#VARIABLES
period_limit <- as.character(def_sp[1:6, 5])
period_labels <- as.character(def_sp[1:6, 1])
#PLOT
plot_sp <- ggplot(def_sp, aes(x = etiq_per, y = Def, fill = Especie)) +
  geom_bar(stat="identity", position=position_dodge(), alpha=0.6, width =
0.8)+
```

```

    theme_bw()+
    ##scale_fill_manual(values = c("limegreen", "chartreuse4", "green4",
    "olivedrab3", "darkseagreen", "ivory4"))+
    scale_fill_manual(values = c("wheat", "royalblue1", "green3", "dar-
    korangel", "firebrick1", "yellow1"))+
    scale_y_continuous(labels = scales::comma)+
    scale_x_discrete(limit = period_limit,
    labels = period_labels)+
    geom_text (aes(label = etiq_def), position = position_dodge (0.85), vjust
    = 0.5,
    hjust=0.75, size=1.7, angle=90, colour="black")+
    xlab("Periodo")+
    ylab("Hectáreas deforestadas")+
    theme(axis.title.x = element_text(size=8, vjust=-0.3, colour="black",
    face = "bold")) +
    theme(axis.title.y = element_text(size=8, vjust=1.5, colour="black", face
    = "bold"))+
    theme(axis.text.x = element_text(vjust=0.5, colour="black", size=10)) +
    theme(axis.text.y = element_text(vjust=0.5, colour="black", angle = 90,
    hjust = 0.5, size = 7))+
    theme(legend.title = element_text(size = 8))+
    theme(legend.text=element_text(size = 8))+
    theme(legend.position='top', legend.direction = "horizontal")+
    theme(axis.ticks.length.y = unit(0.25, "cm"),
    axis.ticks.length.x = unit(0.25, "cm"))
plot_sp
ggsave(plot_sp, file="9_graficos/df_period.png", height = 9, width = 15,
dpi = 500,
units = "cm")
# 4. PLOT ESPECIES-PERIODOS #####
#CARGAR DATOS
def_sp <- read.csv("8_deforestacion/df_period.csv", header = TRUE, sep =
",",
dec = ".")
#MODIFICACION DATOS PARA GRAFICAR
names(def_sp) <- c("Period", "Def", "Especie")
def_sp["etiq_def"] <- prettyNum(def_sp$Def, big.mark=",")
#QUITAR NOTACION CIENTIFICA
options(scipen=999)
#PLOT
plot_sp <- ggplot(def_sp, aes(x = Especie, y = Def, fill = Period)) +
geom_bar(stat="identity", position=position_dodge(), alpha=0.6, width =
0.8)+
theme_bw()+
scale_fill_manual(values =c("forestgreen", "limegreen", "olivedrab3",
"green3",
"darkseagreen", "ivory4"))+
scale_y_continuous(labels = scales::comma)+
geom_text (aes(label = etiq_def), position = position_dodge (0.9), vjust
= 0.5,
hjust=0.7, size=1.7, angle=90, colour="black")+
xlab("Species")+
ylab("Hectares deforested")+
theme(plot.title = element_text(size = 7, hjust = 0.5))+
theme(axis.title.x = element_text(size = 7, vjust=-0.3, colour="black"))
+
theme(axis.title.y = element_text(size = 7, vjust=2, colour="black"))+
theme(axis.text.x = element_text(face = "italic", vjust=0.5, col-
our="black",
size = 7)) +
theme(axis.text.y = element_text(vjust=0.5, colour="black", angle = 90,

```

```

                                hjust = 0.5, size = 7))+
  theme(legend.title = element_text(size = 7))+
  theme(legend.text=element_text(size = 7))+
  theme(legend.position='top', legend.direction = "horizontal")+
  theme(axis.ticks.length.y = unit(0.25, "cm"),
        axis.ticks.length.x = unit(0.25, "cm"))
plot_sp
ggsave(plot_sp, file="9_graficos/df_period_invrt.png", height = 8, width =
14,
       dpi = 300, units = "cm")
# 5. DEFORESTACION ACUMULADO #####
#CARGAR DATOS
def_BN_union <- read.csv("8_deforestacion/df_period.csv", header = TRUE,
sep = ",",
                      dec = ".")
#CALCULO
def_BN_union<- def_BN_union %>%
  as_tibble()%>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(Area_def= sum(Def))
write.csv(def_BN_union, "8_deforestacion/df_acum.csv", row.names = F)
# 6. DENSIDAD DEFORESTACION #####
#CARGAR DATOS
def_acum <- read.csv("8_deforestacion/df_acum.csv", header = T)
bn_sp <- read.csv("8_deforestacion/bn_sp.csv", header = TRUE, sep = ",",
                dec = ".")
#BOSQUE NATIVO 2020
bn2020 <- bn_sp[bn_sp$Periodo==2020, ]
#MERGE DEFORESTACION Y AREA BOSQUE NATIVO
data_merge <- merge(def_acum, bn2020, by = "Especie")
data_merge$Periodo <- NULL
#CALCULO (def_acum/area_2020)
data_merge["Densidad"] <- round(data_merge$Area_def/data_merge$Area_ha, 3)
data_merge[, c("Area_def", "Area_ha")] <- list(NULL)
write.csv(data_merge, "8_deforestacion/df_dns_acum.csv", row.names = F)
# 7. PLOT DEF-DNS #####
#CARGAR DATOS
def_acum <- read.csv("8_deforestacion/df_acum.csv", header = T)
def_dns <- read.csv("8_deforestacion/df_dns_acum.csv", header = T)
#UNION DATOS
def_dns_union <- merge(def_acum, def_dns, by = "Especie")
#AGRUPAMIENTO DE DATOS
def_dns_group <- gather(def_dns_union, key="group", value="value",
                      c("Area_def", "Densidad"))
#COLUMNNA ETIQUETA
def_dns_group["etiqa"] <- prettyNum(def_dns_group$value, big.mark=",")
#VARIABLES PARA PLOT
species_break <- as.character(def_dns_group[1:6, 1])
species_label <- c("Alseis \n eggersii",
                  "Cordia \n alliodora",
                  "Geoffroea \n spinosa",
                  "Handroanthus \n chrysanthus",
                  "Loxopterygium \n huasango",
                  "Machaerium \n millei")
#QUITAR NOTACION CIENTIFICA
options(scipen=999)
#PLOT
plot_def_per <- ggplot(data = def_dns_group, aes(x=Especie, y=value))+
  geom_bar(stat = "identity", width = 0.6, fill = "darkgreen", alpha =
0.9)+
  geom_text(check_overlap = T, aes(x = Especie, y = value, label = etiqa),

```

```

        size = 2.2, colour = "white",
        position = position_stack(vjust = 0.5), hjust = 0.5)+
facet_wrap(~group, scales="free_x", ncol=2,
          strip.position = "bottom",
          labeller = as_labeller(c(Area_def = "Hectareas deforestadas",
                                Densidad = "Deforestacion den-
sidad")))+
  scale_x_discrete(breaks = species_break,
                  labels = species_label)+
  scale_y_continuous(labels = scales::comma)+
  xlab("Species")+
  ylab(NULL)+
  theme_bw()+
  theme(axis.text.x = element_text(hjust =0.5, vjust=0.5, colour="black",
                                   size = 5.4)) +
  theme(axis.text.y = element_text(vjust=0.5, colour="black", hjust = 0.9,
                                   size = 5.35, face = "italic"))+
  theme(axis.title.y = element_text(size = 5.6, vjust=-0.3, col-
our="black"))+
  theme(axis.ticks.length.y = unit(0.15, "cm"),
        axis.ticks.length.x = unit(0.15, "cm"))+
  theme(plot.margin=unit(c(0.02,0.02,0,0.02), "cm"))+
  theme(strip.background = element_rect(fill="white", col-
our="white", size=0.5),
        strip.text.x = element_text(colour = "black", size = 5.6),
        strip.placement = "outside")+
  coord_flip()
plot_def_per
ggsave(plot_def_per, file="9_graficos/df_ds.png", height = 4, width = 14,
        dpi = 300, units = "cm")
# 8. PLOT DF-% #####
#CARGAR DATOS
def_total <- read.csv("8_deforestacion/df_acum.csv", header = T)
def_percent <- read.csv("8_deforestacion/df_percent_acum.csv", header = T)
#UNION DATOS
def_per_total <- merge(def_total, def_percent, by = "Especie")
#AGRUPAMIENTO DE DATOS
def_per_group <- gather(def_per_total, key="group", value="value",
                       c("Area_def", "Porcent"))
#COLUMNA ETIQUETA
def_per_group["eti"] <- prettyNum(def_per_group$value, big.mark=" ")
#VARIABLES PARA PLOT
species_break <- as.character(def_dns_group[1:6, 1])
species_label <- c("Alseis \n eggersii",
                  "Cordia \n alliodora",
                  "Geoffroea \n spinosa",
                  "Handroanthus \n chrysanthus",
                  "Loxopterygium \n huasango",
                  "Machaerium \n millei")
#QUITAR NOTACION CIENTIFICA
options(scipen=999)
#PLOT
plot_def_per <- ggplot(data = def_per_group, aes(x=Especie, y=value))+
  geom_bar(stat = "identity", width = 0.6, fill = "darkgreen", alpha =
0.9)+
  geom_text(check_overlap = T, aes(x = Especie, y = value, label = eti),
           size = 2.2, colour = "white",
           position = position_stack(vjust = 0.5), hjust = 0.5)+
  facet_wrap(~group, scales="free_x", ncol=2,
            strip.position = "bottom",
            labeller = as_labeller(c(Area_def = "Hectáreas",

```

```

                                Porcent = "Porcentaje (%)"))+
scale_x_discrete(breaks = species_break,
                 labels = species_label)+
scale_y_continuous(labels = scales::comma)+
xlab("Especies")+
ylab(NULL)+
theme_bw()+
theme(axis.text.x = element_text(hjust =0.5, vjust=0.3, colour="black",
                                size = 5.35)) +
theme(axis.text.y = element_text(vjust=0.5, colour="black", hjust = 0.9,
                                size = 5.35, face = "italic"))+
theme(axis.title.y = element_text(size = 8, vjust=-0.3, colour="black",
face = "bold"))+
theme(axis.ticks.length.y = unit(0.15, "cm"),
      axis.ticks.length.x = unit(0.15, "cm"))+
theme(plot.margin=unit(c(0.02,0.02,0,0.02), "cm"))+
theme(strip.background = element_rect(fill="white", colour="white",size=
0.9),
      strip.text.x = element_text(colour = "black", size = 8, face =
"bold"),
      strip.placement = "outside")+
coord_flip()
plot_def_per
ggsave(plot_def_per, file="9_graficos/df_per.png", height = 8, width = 13,
       dpi = 500, units = "cm")

```

Anexo 12. Script para el análisis de datos de deforestación a nivel provincial.

```
# 1. INSTALAR PAQUETES #####
install.packages("pacman")
install.packages("rgdal")
install.packages("ggplot2")
install.packages("rgeos")
install.packages("rmapshaper")
install.packages("GISTools")
install.packages("classInt")
install.packages("tidyverse")
install.packages("sf")
install.packages("sp")
install.packages("stringr")
install.packages("lwgeom")
# 2. IMPORTAR LIBRERIAS #####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, tidyverse, sf, GISTools,
rmapshaper,
                dplyr, ggplot2, lwgeom, gridExtra, rlang, patchwork)
# 3. ASIGNAR DIRECTORIO Y VARIABLES NECESARIAS #####
#setwd("C:/TESIS_RE_NUEVO")
#getwd()
sf::sf_use_s2(FALSE)
#FUNCION PARA CREAR LETRA CAPITAL
firstCap <- function(x) {
  s <- strsplit(x, " ")[[1]]
  paste(toupper(substring(s, 1,1)),
        substring(s, 2),
        sep="", collapse=" ")
}
##### SP 1 #####
nm_sp <- "Als_egg"
# 1. CALCULO AREA #####
#CARGAR DATOS
bn_90 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_90_prv.shp"))
bn_22 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_22_prv.shp"))
#1990
bn_90 <- ms_dissolve(bn_90, field = "DPA_DESPRO", copy_fields =
"DPA_PROVIN")
bn_90$Area_ha <- st_area(bn_90)/10000
bn_90$Area_ha <- ceiling(bn_90$Area_ha)
bn_90$Area_ha <- as.numeric(bn_90$Area_ha)
bn_90$rmpshpr <- NULL
bn_90$geometry <- NULL
#2020
bn_22 <- ms_dissolve(bn_22, field = "DPA_DESPRO", copy_fields =
"DPA_PROVIN")
bn_22$Area_ha <- st_area(bn_22)/10000
bn_22$Area_ha <- ceiling(bn_22$Area_ha)
bn_22$Area_ha <- as.numeric(bn_22$Area_ha)
bn_22$rmpshpr <- NULL
bn_22$geometry <- NULL
# 2. UNION DE TABLAS #####
tabla_1 <- union(bn_90, bn_22)
write.csv(tabla_1, paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_prv_90_22.csv"),
row.names = F)
# 3. BOSQUE DEGRADADO % #####
#Cargar datos
bn_sp <- read.csv(paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_prv_90_22.csv"),
header = T)
#Azuay
```

```

percent_pr <- data.frame(round((bn_sp[1,3]-bn_sp[18,3])*100/bn_sp[1,3], 2))
percent_pr["Especie"] <- "Azuay"
names(percent_pr) <- c("Porcent", "Especie")
#Bolivar
percent_pr_1 <- data.frame(round((bn_sp[2,3]-bn_sp[19,3])*100/bn_sp[2,3],
2))
percent_pr_1["Especie"] <- "Bolivar"
names(percent_pr_1) <- c("Porcent", "Especie")
#Carchi
percent_pr_2 <- data.frame(round((bn_sp[3,3]-bn_sp[20,3])*100/bn_sp[3,3],
2))
percent_pr_2["Especie"] <- "Carchi"
names(percent_pr_2) <- c("Porcent", "Especie")
#Ca?ar
percent_pr_3 <- data.frame(round((bn_sp[4,3]-bn_sp[21,3])*100/bn_sp[4,3],
2))
percent_pr_3["Especie"] <- "Ca?ar"
names(percent_pr_3) <- c("Porcent", "Especie")
#Chimborazo
percent_pr_4 <- data.frame(round((bn_sp[5,3]-bn_sp[22,3])*100/bn_sp[5,3],
2))
percent_pr_4["Especie"] <- "Chimborazo"
names(percent_pr_4) <- c("Porcent", "Especie")
#Cotopaxi
percent_pr_5 <- data.frame(round((bn_sp[6,3]-bn_sp[23,3])*100/bn_sp[6,3],
2))
percent_pr_5["Especie"] <- "Cotopaxi"
names(percent_pr_5) <- c("Porcent", "Especie")
#El Oro
percent_pr_6 <- data.frame(round((bn_sp[7,3]-bn_sp[24,3])*100/bn_sp[7,3],
2))
percent_pr_6["Especie"] <- "El Oro"
names(percent_pr_6) <- c("Porcent", "Especie")
#Esmeraldas
percent_pr_7 <- data.frame(round((bn_sp[8,3]-bn_sp[25,3])*100/bn_sp[8,3],
2))
percent_pr_7["Especie"] <- "Esmeraldas"
names(percent_pr_7) <- c("Porcent", "Especie")
#Guayas
percent_pr_8 <- data.frame(round((bn_sp[9,3]-bn_sp[26,3])*100/bn_sp[9,3],
2))
percent_pr_8["Especie"] <- "Guayas"
names(percent_pr_8) <- c("Porcent", "Especie")
#Imbabura
percent_pr_9 <- data.frame(round((bn_sp[10,3]-bn_sp[27,3])*100/bn_sp[10,3],
2))
percent_pr_9["Especie"] <- "Imbabura"
names(percent_pr_9) <- c("Porcent", "Especie")
#Loja
percent_pr_10 <- data.frame(round((bn_sp[11,3]-
bn_sp[28,3])*100/bn_sp[11,3], 2))
percent_pr_10["Especie"] <- "Loja"
names(percent_pr_10) <- c("Porcent", "Especie")
#Los Rios
percent_pr_11 <- data.frame(round((bn_sp[12,3]-
bn_sp[29,3])*100/bn_sp[12,3], 2))
percent_pr_11["Especie"] <- "Los Rios"
names(percent_pr_11) <- c("Porcent", "Especie")
#Manabi
percent_pr_12 <- data.frame(round((bn_sp[13,3]-
bn_sp[30,3])*100/bn_sp[13,3], 2))

```

```

percent_pr_12["Especie"] <- "Manabi"
names(percent_pr_12) <- c("Porcent", "Especie")
#Pichincha
percent_pr_13 <- data.frame(round((bn_sp[14,3]-
bn_sp[31,3])*100/bn_sp[14,3], 2))
percent_pr_13["Especie"] <- "Pichincha"
names(percent_pr_13) <- c("Porcent", "Especie")
#Santa Elena
percent_pr_14 <- data.frame(round((bn_sp[15,3]-
bn_sp[32,3])*100/bn_sp[15,3], 2))
percent_pr_14["Especie"] <- "Santa Elena"
names(percent_pr_14) <- c("Porcent", "Especie")
#Santo Domingo de los Tsachilas
percent_pr_15 <- data.frame(round((bn_sp[16,3]-
bn_sp[33,3])*100/bn_sp[16,3], 2))
percent_pr_15["Especie"] <- "Santo Domingo De Los Tsachilas"
names(percent_pr_15) <- c("Porcent", "Especie")
#Zona No Delimitada
percent_pr_16 <- data.frame(round((bn_sp[17,3]-
bn_sp[34,3])*100/bn_sp[17,3], 2))
percent_pr_16["Especie"] <- "Zona No Delimitada"
names(percent_pr_16) <- c("Porcent", "Especie")
#Unir tablas
tabla_1 <- union(percent_pr, percent_pr_1)
tabla_2 <- union(tabla_1, percent_pr_2)
tabla_3 <- union(tabla_2, percent_pr_3)
tabla_4 <- union(tabla_3, percent_pr_4)
tabla_5 <- union(tabla_4, percent_pr_5)
tabla_6 <- union(tabla_5, percent_pr_6)
tabla_7 <- union(tabla_6, percent_pr_7)
tabla_8 <- union(tabla_7, percent_pr_8)
tabla_9 <- union(tabla_8, percent_pr_9)
tabla_10 <- union(tabla_9, percent_pr_10)
tabla_11 <- union(tabla_10, percent_pr_11)
tabla_12 <- union(tabla_11, percent_pr_12)
tabla_13 <- union(tabla_12, percent_pr_13)
tabla_14 <- union(tabla_13, percent_pr_14)
tabla_15 <- union(tabla_14, percent_pr_15)
tabla_16 <- union(tabla_15, percent_pr_16)
write.csv(tabla_16, paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_percent_prv.csv"),
row.names = F)
write.csv(tabla_6, paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_percent_prv.csv"),
row.names = F)
###PLOT POR ESPECIE Y BOSQUE DEGRADADO
# 4. PLOT 1 ####
#CARGAR DATOS
def<- read.csv(paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_df_prv.csv"),
header = TRUE, sep = ",", dec = ".")
#CONVERTIR LETRA MINUSCULA
def["Provin"] <- tolower(def$DPA_DESPRO)
#CONVERTIR LETRA CAPITAL
def$Provin <- unlist(lapply(def$Provin, FUN=firstCap))
#SEPARA EN MILES
def["Deforest"] <- prettyNum(def$Area, big.mark=" ")
# PLOT 1
def_1990_2020_sp1 <- ggplot(data = def) +
geom_bar(mapping = aes(x = Area_def, y = Provin), color="palegreen4",
stat = "identity", width = 0.7, fill="palegreen4")+
#geom_text(aes(x = Area, y = Provin, label = Deforest), hjust = 0.7,
# nudge_x = 0.05, size = 2.2)+

```

```

    scale_y_discrete(limit =
c("Azuay", "Bolivar", "Carchi", "Ca?ar", "Chimborazo", "Cotopaxi", "El Oro",
    "Esmeraldas", "Guayas", "Imbabura", "Loja", "Los
Rios", "Manabi", "Pichincha",
    "Santa Elena", "Santo Domingo De Los
Tsachilas", "Zona No Delimitada"),
    labels =
c("Azuay", "Bolivar", "Carchi", "Ca?ar", "Chimborazo", "Cotopaxi", "El Oro",
    "Esmeraldas", "Guayas", "Imbabura", "Loja", "Los
Rios", "Manabi", "Pichincha",
    "Santa Elena", "Santo Domingo \n De Los
Tsachilas", "Zona no \n Delimitada"))+
    scale_x_continuous(breaks = c(0, 5000, 10000, 20000, 30000, 40000, 90000,
340000),
    labels = c("0", "5000", "10000", "20000", "30000",
"40000",
    "90000", "340000"))+

    theme_classic()+
    theme(legend.position = "none")+
    xlab("Hectareas")+
    ylab("Provincias")+
    theme(axis.title.y = element_text(face="bold", vjust=-0.3,
colour="black",
    size = 8.5)) +
    theme(axis.title.x = element_text(face="bold", vjust=2, colour="black",
size = 8.5))+
    theme(axis.text.y = element_text(hjust =1, vjust=0.5, colour="black",
    size = 8.5)) +
    theme(axis.text.x = element_text(vjust=0.1, colour="black", size = 8.5,
    hjust = 0.1 ))+
    theme(axis.ticks.length.y = unit(0.10, "cm"),
    axis.ticks.length.x = unit(0.10, "cm"))
def_1990_2020_sp1
# 5. PLOT 2 #####
data_total<- read.csv(paste0("8_deforestacion/", nm_sp,
"_percent_prv.csv"),
    header = TRUE, sep = ",", dec = ".")
BN_dregadado <- ggplot(data = data_total) +
    geom_bar(mapping = aes(x = Porcent, y = Especie), color="palegreen3",
    stat = "identity", width = 0.7, fill="palegreen3")+
    #geom_text(aes(x = Porcent, y = Especie, label = Porcent), hjust = 0.7,
nudge_x = 0.05,
    # size = 2.2)+
    scale_y_discrete(limit =
c("Azuay", "Bolivar", "Carchi", "Ca?ar", "Chimborazo", "Cotopaxi", "El Oro",
    "Esmeraldas", "Guayas", "Imbabura", "Loja", "Los
Rios", "Manabi", "Pichincha",
    "Santa Elena", "Santo Domingo De Los
Tsachilas", "Zona No Delimitada"),
    labels =
c("Azuay", "Bolivar", "Carchi", "Ca?ar", "Chimborazo", "Cotopaxi", "El Oro",
    "Esmeraldas", "Guayas", "Imbabura", "Loja", "Los
Rios", "Manabi", "Pichincha",
    "Santa Elena", "Santo Domingo \n De Los
Tsachilas", "Zona no \n Delimitada"))+
    theme_classic()+
    theme(legend.position = "none")+
    xlab("Porcentaje (%)")+
    theme(axis.title.x = element_text(face="bold", vjust=2, colour="black",
size = 8.5))+
    theme(axis.text.x = element_text(vjust=0.3, colour="black",

```

```
                                hjust = 0.3, size=8.5))+  
  theme(axis.title.y = element_blank()+  
  theme(axis.text.y = element_blank()+  
  theme(axis.ticks.length.y = unit(0.10, "cm"),  
        axis.ticks.length.x = unit(0.10, "cm"))  
plot1 <- grid.arrange(def_1990_2020_spl, BN_dregadado, ncol=2,  
                      layout_matrix = rbind(c(1,2), c(1,2)),  
                      widths=c(8, 7), heights=c(13,13))  
ggsave(plot1, file="9_graficos/Als_egg_dfprov_dgdo.png", height = 12, width  
= 20,  
        units = "cm", dpi = 200)
```

Anexo 13. Script para la depuración de datos y conteo general de fuegos activos por especie.

```
# 1. IMPORTAR LIBRERIAS #####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, tidyverse, sf, classInt, sp,
               mapproj, cleangeo, rmapshaper, GISTools, RColorBrewer,
               lubridate, ggplot2, gridExtra, scales)
# 2. ASIGNAR DIRECTORIO #####
setwd("C:/Tesis_ER/Biomodelos_vertientes")
#getwd()
sapply("10_incendios", function(x) if(!dir.exists(x)) dir.create(x, recur-
sive = T))
# 3. REPROYECCION DE CAPAS A 17S #####
#CARGAR DATOS
modis <- st_read("2_vector/NASA/fire_archive_M-C61_412815.shp")
volc <- st_read("2_vector/VOLCANES/GLB_VOLC.shp")
ecu <- st_read("2_vector/ecu_diss_4326.shp")
#REPROYECCION
modis = st_transform(modis, crs = 32717)
volc = st_transform(volc, crs = 32717)
ecu = st_transform(ecu, crs = 32717)
#GUARDAR DATOS
st_write(modis, "2_vector/wf_utm.shp", driver="ESRI Shapefile",
         delete_layer = T)
st_write(volc, "2_vector/volc_utm.shp", driver="ESRI Shapefile",
         delete_layer = T)
st_write(ecu, "2_vector/ecu_utm.shp", driver="ESRI Shapefile", delete_layer
= T)
# 4. FILTRO VOLCANES #####
#CARGAR DATOS
volc <- st_read("2_vector/volc_utm.shp")
ecu <- st_read("2_vector/ecu_utm.shp")
modis <- st_read("2_vector/wf_utm.shp")
#FILTRO
sf::sf_use_s2(FALSE)
volc_ec <- st_intersection(volc, ecu)
volc_buff_5km <- st_buffer(volc_ec, 5000)
volc_buff_5km <- ms_dissolve(volc_buff_5km)
wf_diff <- st_difference(modis, volc_buff_5km)
#SELECCION COLUMNAS DE INTERES
wf_diff <- wf_diff[, c("ACQ_DATE", "TYPE", "CONFIDENCE")]
names(wf_diff) <- c("ACQ_DATE", "TYPE", "CONFIDENCE", "geometry")
st_write(wf_diff, "2_vector/wf_diff.shp", driver="ESRI Shapefile",
         delete_layer = T)
# 5. FILTRO DATOS BAJA CONFIANZA #####
#CARGAR DATOS
wf_diff <- st_read("2_vector/wf_diff.shp")
#FILTRO
wf_filt <- wf_diff[wf_diff$TYPE %in% 0, ] # 0 = INCENDIOS EN VEGETACION
wf_filt <- wf_filt[wf_filt$CONFIDENCE %in% c(30:100), ]
st_write(wf_filt, "2_vector/wf_conf.shp", driver = "ESRI Shapefile",
         delete_layer = T)
# 6. AGRUPAMIENTO PERIODOS #####
#CARGAR DATOS
wf_filt <- st_read("2_vector/wf_conf.shp")
#FORMATO FECHA
wf_filt$ACQ_DATE <- ymd(wf_filt$ACQ_DATE)
wf_filt$year <- format(wf_filt$ACQ_DATE, '%Y')
#2001-2007
wf_01 <- wf_filt[wf_filt$year%in%c(2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006,
2007),]
st_write(wf_01, "2_vector/wf_01_07.shp", delete_layer = T,
```

```

        driver="ESRI Shapefile")
#2008-2013
wf_08 <- wf_filt[wf_filt$year%in%c(2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013),]
st_write(wf_08, "2_vector/wf_08_13.shp", delete_layer = T,
        driver="ESRI Shapefile")
#2014-2015
wf_14 <- wf_filt[wf_filt$year%in%c(2014, 2015),]
st_write(wf_14, "2_vector/wf_14_15.shp", delete_layer = T,
        driver="ESRI Shapefile")
#2016-2017
wf_16 <- wf_filt[wf_filt$year%in%c(2016, 2017),]
st_write(wf_16, "2_vector/wf_16_17.shp",
        delete_layer = T, driver="ESRI Shapefile")
#2018-2019
wf_18 <- wf_filt[wf_filt$year%in%c(2018, 2019),]
st_write(wf_18, "2_vector/wf_18_19.shp", delete_layer = T,
        driver="ESRI Shapefile")
#2020-2023
wf_20 <- wf_filt[wf_filt$year%in%c(2020, 2021, 2022, 2023),]
st_write(wf_20, "2_vector/wf_20_23.shp", delete_layer = T,
        driver="ESRI Shapefile")
# 7. ASIGNAR MEMORIA AL PROCESO ####
#REALIZAR SOLO SI ES NECESARIO
gc()
if(.Platform$OS.type == "windows") withAutoprint({
  memory.size()
  memory.size(TRUE)
  memory.limit()
})
memory.limit(size=56000)
#### SP 1 ####
nm_sp <- "Als_egg"
name_sp <- "Alseis eggersii"
# 8. REPROYECCION BN ####
#CARGAR DATOS
bn_20 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_20.shp"))
bn_08 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_08.shp"))
bn_14 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_14.shp"))
bn_16 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_16.shp"))
bn_18 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_18.shp"))
bn_22 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_22.shp"))
#REPROYECCION
bn_20 <- st_transform(bn_20, 32717)
bn_08 <- st_transform(bn_08, 32717)
bn_14 <- st_transform(bn_14, 32717)
bn_16 <- st_transform(bn_16, 32717)
bn_18 <- st_transform(bn_18, 32717)
bn_22 <- st_transform(bn_22, 32717)
#SF A SP
bn_20 <- as_Spatial(bn_20)
bn_08 <- as_Spatial(bn_08)
bn_14 <- as_Spatial(bn_14)
bn_16 <- as_Spatial(bn_16)
bn_18 <- as_Spatial(bn_18)
bn_22 <- as_Spatial(bn_22)
# 9. EXTRACCION DE FA EN ADC ####
#CARGAR DATOS
wf_01 <- readOGR("2_vector/wf_01_07.shp")
wf_08 <- readOGR("2_vector/wf_08_13.shp")
wf_14 <- readOGR("2_vector/wf_14_15.shp")
wf_16 <- readOGR("2_vector/wf_16_17.shp")

```

```

wf_18 <- readOGR("2_vector/wf_18_19.shp")
wf_20 <- readOGR("2_vector/wf_20_23.shp")
#2001-2007
wf_01 <- wf_01[complete.cases(over(wf_01, bn_20)), ]
wf_01 <- st_as_sf(wf_01)
st_write(wf_01, paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_01.shp"),
         driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
#2008-2013
wf_08 <- wf_08[complete.cases(over(wf_08, bn_08)), ]
wf_08 <- st_as_sf(wf_08)
st_write(wf_08, paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_08.shp"),
         driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
#2014-2015
wf_14 <- wf_14[complete.cases(over(wf_14, bn_14)), ]
wf_14 <- st_as_sf(wf_14)
st_write(wf_14, paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_14.shp"),
         driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
#2016-2017
wf_16 <- wf_16[complete.cases(over(wf_16, bn_16)), ]
wf_16 <- st_as_sf(wf_16)
st_write(wf_16, paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_16.shp"),
         driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
#2018-2019
wf_18 <- wf_18[complete.cases(over(wf_18, bn_18)), ]
wf_18 <- st_as_sf(wf_18)
st_write(wf_18, paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_18.shp"),
         driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
#2020-2023
wf_20 <- wf_20[complete.cases(over(wf_20, bn_22)), ]
wf_20 <- st_as_sf(wf_20)
st_write(wf_20, paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_20.shp"),
         driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
# 10. UNION DE TABLAS #####
tabla_1 <- union(wf_01, wf_08)
tabla_2 <- union(tabla_1, wf_14)
tabla_3 <- union(tabla_2, wf_16)
tabla_4 <- union(tabla_3, wf_18)
tabla_5 <- union(tabla_4, wf_20)
tabla_5$Especie = name_sp
st_write(tabla_5, paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_01_20.shp"),
         driver = "ESRI Shapefile", delete_layer = T)
# 11. UNION DATOS ESPECIES #####
{
  files <- list.files(path= "2_vector/", pattern = "_01_20.shp$",
full.names = T)
  shp_list <- lapply(files, st_read)
  wf_union_sp <- rbind(shp_list[[1]], shp_list[[2]], shp_list[[3]],
shp_list[[4]],
                      shp_list[[5]], shp_list[[6]])
  wf_union_sp$geometry <- NULL
}
# 12. CONTEO FA #####
wf_count <- wf_union_sp %>%
  as_tibble() %>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(count = n())
wf_count["count_wf"] <- prettyNum(wf_count$count, big.mark=",")
write.csv(wf_count, "10_incendios/wf_frequency_acum.csv", row.names = F)

```

Anexo 14. Script para el análisis de la densidad de fuegos activos por km2.

```
# 1. IMPORTAR LIBRERIAS #####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, tidyverse, sf, classInt, sp,
               maptools, cleangeo, rmapshaper, GISTools, RColorBrewer,
               lubridate, ggplot2, gridExtra, ggeasy, scales)
setwd("C:/Tesis_ER/Biomodelos_vertientes")
##### SP 1 #####
nm_sp <- "Als_egg"
name_sp <- "Alseis eggersii"
# 2. REPROYECCION BN #####
#CARGAR DATOS
bn_20 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_20.shp"))
bn_08 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_08.shp"))
bn_14 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_14.shp"))
bn_16 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_16.shp"))
bn_18 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_18.shp"))
bn_22 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_22.shp"))
# 3. CALCULO AREA BN #####
#2000
bn_20$Area_km2 <- st_area(bn_20)/1000000
bn_20$geometry <- NULL
#2008
bn_08$Area_km2 <- st_area(bn_08)/1000000
bn_08$geometry <- NULL
#2014
bn_14$Area_km2 <- st_area(bn_14)/1000000
bn_14$geometry <- NULL
#2016
bn_16$Area_km2 <- st_area(bn_16)/1000000
bn_16$geometry <- NULL
#2018
bn_18$Area_km2 <- st_area(bn_18)/1000000
bn_18$geometry <- NULL
#2020
bn_22$Area_km2 <- st_area(bn_22)/1000000
bn_22$geometry <- NULL
# 4. CONTEO DE PUNTOS #####
#CARGAR DATOS
wf_01 <- st_read(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_01.shp"))
wf_08 <- st_read(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_08.shp"))
wf_14 <- st_read(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_14.shp"))
wf_16 <- st_read(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_16.shp"))
wf_18 <- st_read(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_18.shp"))
wf_20 <- st_read(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_20.shp"))
#2001-2007
wf_01$Especie <- name_sp
wf_count_01 <- wf_01 %>%
  as_tibble()%>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(count_wf = n())
#2008-2013
wf_08$Especie <- name_sp
wf_count_08 <- wf_08 %>%
  as_tibble()%>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(count_wf = n())
#2014-2015
wf_14$Especie <- name_sp
wf_count_14 <- wf_14 %>%
  as_tibble()%>%
```

```

dplyr::group_by(Especie) %>%
dplyr::summarise(count_wf = n())
#2016-2017
wf_16$Especie <- name_sp
wf_count_16 <- wf_16 %>%
  as_tibble()%>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(count_wf = n())
#2018-2019
wf_18$Especie <- name_sp
wf_count_18 <- wf_18 %>%
  as_tibble()%>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(count_wf = n())
#2020-2023
wf_20$Especie <- name_sp
wf_count_20 <- wf_20 %>%
  as_tibble()%>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(count_wf = n())
# 5. UNION DE CONTEO Y AREA ####
wf_count_01["Area_km2"] <- bn_20$Area_km2
wf_count_08["Area_km2"] <- bn_08$Area_km2
wf_count_14["Area_km2"] <- bn_14$Area_km2
wf_count_16["Area_km2"] <- bn_16$Area_km2
wf_count_18["Area_km2"] <- bn_18$Area_km2
wf_count_20["Area_km2"] <- bn_22$Area_km2
# 6. CALCULO DENSIDAD POR PERIODO ####
wf_count_01["Wf_km2"] <- round(wf_count_01$count_wf/wf_count_01$Area_km2,
4)
wf_count_08["Wf_km2"] <- round(wf_count_08$count_wf/wf_count_08$Area_km2,
4)
wf_count_14["Wf_km2"] <- round(wf_count_14$count_wf/wf_count_14$Area_km2,
4)
wf_count_16["Wf_km2"] <- round(wf_count_16$count_wf/wf_count_16$Area_km2,
4)
wf_count_18["Wf_km2"] <- round(wf_count_18$count_wf/wf_count_18$Area_km2,
4)
wf_count_20["Wf_km2"] <- round(wf_count_20$count_wf/wf_count_20$Area_km2,
4)
# 7. UNION DE DATOS ####
tabla_1 <- rbind(wf_count_01, wf_count_08)
tabla_2 <- rbind(tabla_1, wf_count_14)
tabla_3 <- rbind(tabla_2, wf_count_16)
tabla_4 <- rbind(tabla_3, wf_count_18)
tabla_5 <- rbind(tabla_4, wf_count_20)
# 8. DENSIDAD TOTAL ####
media <- tabla_5 %>%
  as_tibble()%>%
  dplyr::group_by(Especie) %>%
  dplyr::summarise(Densidad = mean(Wf_km2))
media$Densidad <- round(media$Densidad, 4)
write.csv(media, paste0("10_incendios/wf_", nm_sp, "_dens.csv"), row.names
= F)
# 9. UNION DATOS ESPECIES ####
#CARGAR DATOS
files <- list.files(path= "10_incendios/", pattern = "_dens.csv$",
full.names = T)
read_files <- lapply(files, read.csv, header = T)
dens_sp <- do.call(rbind, read_files)
write.csv(dens_sp, "10_incendios/wf_density_acum.csv", row.names = F)

```

```

# 10. PLOT FRE_DEN #####
#CARGAR DATOS
wf_frequency <- read.csv("10_incendios/wf_frequency_acum.csv", header = T)
wf_density <- read.csv("10_incendios/wf_density_acum.csv", header = T)
#UNION DATOS
wf_fre_dns_union <- merge(wf_frequency, wf_density, by = "Especie")
#AGRUPAMIENTO DE DATOS
wf_fre_dns_group <- gather(wf_fre_dns_union, key="group", value="value",
                           c("count", "Densidad"))

#COLUMNA ETIQUETA
wf_fre_dns_group["etiq"] <- prettyNum(wf_fre_dns_group$value, big.mark=",")
#VARIABLES PARA PLOT
species_break <- as.character(wf_fre_dns_group[1:6, 1])
species_label <- c("Alseis \n eggertii",
                  "Cordia \n alliodora",
                  "Geoffroea \n spinosa",
                  "Handroanthus \n chrysanthus",
                  "Loxopterygium \n huasango",
                  "Machaerium \n millei")

#QUITAR NOTACION CIENTIFICA
options(scipen=999)
#PLOT
plot_def_per <- ggplot(data = wf_fre_dns_group, aes(x=Especie, y=value))+
  geom_bar(stat = "identity", width = 0.6, fill = "indianred1", alpha =
0.9)+
  geom_text(check_overlap = T, aes(x = Especie, y = value, label = etiq),
            size = 2.5, colour = "black",
            position = position_stack(vjust = 0.5), hjust = 0.5)+
  facet_wrap(~group, scales="free_x", ncol=2,
            strip.position = "bottom",
            labeller = as_labeller(c(count = "Frecuencia",
                                     Densidad = "Densidad (AF/km2)")))+
  scale_x_discrete(breaks = species_break,
                  labels = species_label)+
  scale_y_continuous(labels = scales::comma)+
  xlab("Especies")+
  ylab(NULL)+
  theme_bw()+
  theme(axis.text.x = element_text( hjust =0.5, vjust=0.5, colour="black",
                                   size = 5.4)) +
  theme(axis.text.y = element_text(vjust=0.5, colour="black", hjust = 0.9,
                                   size = 5.35, face = "italic"))+
  theme(axis.title.x = element_text(face= "bold",size = 5.6, vjust=-0.3,
                                   colour="black"))+
  theme(axis.title.y = element_text(face= "bold",size = 5.6, vjust=-0.3,
                                   colour="black"))+
  theme(axis.ticks.length.y = unit(0.15, "cm"),
        axis.ticks.length.x = unit(0.15, "cm"))+
  theme(plot.margin=unit(c(0.02,0.02,0,0.02), "cm"))+
  theme(strip.background = element_rect(fill="white", col-
our="white",size=0.5),
        strip.text.x = element_text(colour = "black", size = 6, face =
"bold"),
        strip.placement = "outside")+
  coord_flip()
plot_def_per
ggsave(plot_def_per, file="9_graficos/wf_fre_dns.png", height = 8, width =
13,
        dpi = 500, units = "cm")

```

Anexo 15. Script para el análisis de fuegos activos por provincia.

```
# 1. INSTALAR PAQUETES ####
install.packages("pacman")
install.packages("rgdal")
install.packages("ggplot2")
install.packages("forecast")
install.packages("rgeos")
install.packages("rmapshaper")
install.packages("GISTools")
install.packages("classInt")
install.packages("tidyverse")
install.packages("sf")
install.packages("cleangeo")
install.packages("sp")
install.packages("stringr")
install.packages("RColorBrewer")
install.packages("lubridate")
install.packages("formattable")
install.packages("kableExtra")
install.packages("viridis")
install.packages("colourvalues")
remotes::install_version("GISTools", force = T)
# 2. IMPORTAR LIBRERIAS ####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, sf, tidyverse, sf, classInt,
sp,
                maptools, cleangeo, rmapshaper, GISTools, RColorBrewer,
lubridate,
                formattable, kableExtra, viridis, colourvalues, patchwork,
gridExtra)
# 3. ASIGNAR DIRECTORIO DE TRABAJO ####
setwd("C:/Tesis_ER/Biomodelos_vertientes")
#FUNCION PARA CREAR LETRA CAPITAL
firstCap <- function(x) {
  s <- strsplit(x, " ")[[1]]
  paste(toupper(substring(s, 1,1)),
        substring(s, 2),
        sep="", collapse=" ")
}
#### SP1 ####
nm_sp <- "Als_egg"
name_sp <- "Alseis eggersii"
# 4. REPROYECCION BN ####
#CARGAR DATOS
bn_prv_20 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_20_prv.shp"))
bn_prv_08 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_08_prv.shp"))
bn_prv_14 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_14_prv.shp"))
bn_prv_16 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_16_prv.shp"))
bn_prv_18 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_18_prv.shp"))
bn_prv_22 <- st_read(paste0("2_vector/", nm_sp, "_22_prv.shp"))
#DISSOLVE
bn_prv_20 <- ms_dissolve(bn_prv_20, field = "DPA_DESPRO")
bn_prv_08 <- ms_dissolve(bn_prv_08, field = "DPA_DESPRO")
bn_prv_14 <- ms_dissolve(bn_prv_14, field = "DPA_DESPRO")
bn_prv_16 <- ms_dissolve(bn_prv_16, field = "DPA_DESPRO")
bn_prv_18 <- ms_dissolve(bn_prv_18, field = "DPA_DESPRO")
bn_prv_22 <- ms_dissolve(bn_prv_22, field = "DPA_DESPRO")
#REPROYECCION
bn_prv_20 <- st_transform(bn_prv_20, 32717)
bn_prv_08 <- st_transform(bn_prv_08, 32717)
bn_prv_14 <- st_transform(bn_prv_14, 32717)
```

```

bn_prv_16 <- st_transform(bn_prv_16, 32717)
bn_prv_18 <- st_transform(bn_prv_18, 32717)
bn_prv_22 <- st_transform(bn_prv_22, 32717)
# 5. CALCULO AREA BN ####
#2000
bn_prv_20$Area_km2 <- st_area(bn_prv_20)/1000000
#2008
bn_prv_08$Area_km2 <- st_area(bn_prv_08)/1000000
#2014
bn_prv_14$Area_km2 <- st_area(bn_prv_14)/1000000
#2016
bn_prv_16$Area_km2 <- st_area(bn_prv_16)/1000000
#2018
bn_prv_18$Area_km2 <- st_area(bn_prv_18)/1000000
#2020
bn_prv_22$Area_km2 <- st_area(bn_prv_22)/1000000
#SF A SP BN PARA CONTEO
bn_prv_20 <- as_Spatial(bn_prv_20)
bn_prv_08 <- as_Spatial(bn_prv_08)
bn_prv_14 <- as_Spatial(bn_prv_14)
bn_prv_16 <- as_Spatial(bn_prv_16)
bn_prv_18 <- as_Spatial(bn_prv_18)
bn_prv_22 <- as_Spatial(bn_prv_22)
# 6. CONTEO DE PUNTOS ####
#CARGAR DATOS
wf_01 <- readOGR(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_01.shp"))
wf_08 <- readOGR(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_08.shp"))
wf_14 <- readOGR(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_14.shp"))
wf_16 <- readOGR(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_16.shp"))
wf_18 <- readOGR(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_18.shp"))
wf_20 <- readOGR(paste0("2_vector/wf_", nm_sp, "_20.shp"))
#2001-2007
count_wf <- poly.counts(wf_01, bn_prv_20)
count_01 <- as.data.frame(count_wf)
count_01["DPA_DESPRO"] <- bn_prv_20$DPA_DESPRO
#2008-2013
count_wf <- poly.counts(wf_08, bn_prv_08)
count_08 <- as.data.frame(count_wf)
count_08["DPA_DESPRO"] <- bn_prv_08$DPA_DESPRO
#2014-2015
count_wf <- poly.counts(wf_14, bn_prv_14)
count_14 <- as.data.frame(count_wf)
count_14["DPA_DESPRO"] <- bn_prv_14$DPA_DESPRO
#2016-2017
count_wf <- poly.counts(wf_16, bn_prv_16)
count_16 <- as.data.frame(count_wf)
count_16["DPA_DESPRO"] <- bn_prv_16$DPA_DESPRO
#2018-2019
count_wf <- poly.counts(wf_18, bn_prv_18)
count_18 <- as.data.frame(count_wf)
count_18["DPA_DESPRO"] <- bn_prv_18$DPA_DESPRO
#2020-2022
count_wf <- poly.counts(wf_20, bn_prv_22)
count_20 <- as.data.frame(count_wf)
count_20["DPA_DESPRO"] <- bn_prv_22$DPA_DESPRO
# 7. UNION DE TABLAS ####
count_01$Area_km2 <- bn_prv_20$Area_km2[match(count_01$DPA_DESPRO,
bn_prv_20$DPA_DESPRO)]
count_08$Area_km2 <- bn_prv_08$Area_km2[match(count_08$DPA_DESPRO,
bn_prv_08$DPA_DESPRO)]

```

```

count_14$Area_km2 <- bn_prv_14$Area_km2[match(count_14$DPA_DESPRO,
bn_prv_14$DPA_DESPRO)]
count_16$Area_km2 <- bn_prv_16$Area_km2[match(count_16$DPA_DESPRO,
bn_prv_16$DPA_DESPRO)]
count_18$Area_km2 <- bn_prv_18$Area_km2[match(count_18$DPA_DESPRO,
bn_prv_18$DPA_DESPRO)]
count_20$Area_km2 <- bn_prv_22$Area_km2[match(count_20$DPA_DESPRO,
bn_prv_22$DPA_DESPRO)]
# 8. CALCULO DENSIDAD POR PEIODO ####
count_01["Wf_km2"] <- round(count_01$count_wf/count_01$Area_km2, 4)
count_08["Wf_km2"] <- round(count_08$count_wf/count_08$Area_km2, 4)
count_14["Wf_km2"] <- round(count_14$count_wf/count_14$Area_km2, 4)
count_16["Wf_km2"] <- round(count_16$count_wf/count_16$Area_km2, 4)
count_18["Wf_km2"] <- round(count_18$count_wf/count_18$Area_km2, 4)
count_20["Wf_km2"] <- round(count_20$count_wf/count_20$Area_km2, 4)
# 9. UNION DE TABLAS ####
tabla_1 <- rbind(count_01, count_08)
tabla_2 <- rbind(tabla_1, count_14)
tabla_3 <- rbind(tabla_2, count_16)
tabla_4 <- rbind(tabla_3, count_18)
tabla_5 <- rbind(tabla_4, count_20)
# 10. FRECUENCIA Y DENSIDAD TOTAL ####
#DENSIDAD
densidad <- tabla_5 %>%
  as_tibble() %>%
  dplyr::group_by(DPA_DESPRO) %>%
  dplyr::summarise(Densidad = mean(Wf_km2))
densidad$Densidad <- round(densidad$Densidad, 4)
#FRECUENCIA
frecuencia <- tabla_5 %>%
  as_tibble() %>%
  dplyr::group_by(DPA_DESPRO) %>%
  dplyr::summarise(Frecuencia = sum(count_wf))
#UNION TABLA
frecuencia$Densidad <- densidad$Densidad[match(frecuencia$DPA_DESPRO,
densidad$DPA_DESPRO)]
# 11. PPREPARACION DE TABLAS PARA GRAFICAR ####
#CONVERTIR LETRA MINUSCULA
names(frecuencia) <- c("Provincias", "Frecuencia", "Densidad")
frecuencia$Provincias <- tolower(frecuencia$Provincias)
#CONVERTIR LETRA CAPITAL
frecuencia$Provincias <- unlist(lapply(frecuencia$Provincias, FUN=first-
Cap))
#SEPARA EN MILES
#frecuencia$Frecuencia <- prettyNum(frecuencia$Frecuencia, big.mark=" ")
#GUARDA CSV
write.csv(frecuencia, paste0("10_incendios/frc_dns_", nm_sp, "_prv.csv"),
row.names = F)
#### SP 1 ####
nm_sp <- "Als_egg"
###PLOT POR ESPECIE y BOSQUE DEGRADADO
#CARGAR DATOS
frc<- read.csv(paste0("10_incendios/frc_Als_egg_prv.csv"),
header = TRUE, sep = ",", dec = ".")
# 4. PLOT 1 ####
frc_spl<- ggplot(data = frc) +
  geom_bar(mapping = aes(x = Frecuencia, y = Provincias),
stat = "identity", width = 0.7, fill= "firebrick2",al-
pha=0.9)+
  geom_text(aes(x = Frecuencia, y = Provincias, label = Frecuencia),
hjust = 0.5,

```

```

#           size = 1.8, position = position_stack(vjust = 0.90))+
  scale_y_discrete(limit = c("Zona No Delimitada", "Santo Domingo de
los Tsachilas", "Santa Elena", "Manabi", "Los Rios",
                           "Loja", "Guayas", "Esmeraldas", "El
Oro", "Cotopaxi", "Bolivar", "Azuay"),
                  labels = c("Zona No Delimitada", "Santo Domingo de
los Tsachilas", "Santa Elena", "Manabi", "Los Rios",
                           "Loja", "Guayas", "Esmeraldas", "El
Oro", "Cotopaxi", "Bolivar", "Azuay"))+
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 851, 1703, 2555),
                    labels = c("0", "851", "1703", "2555"))+
  theme_bw()+
  theme(legend.position = "none")+
  xlab("Alseis \n eggersii \n (n° FA)")+
  ylab("Provincias")+
  theme(axis.title.y = element_text(face = "bold", vjust=-0.3, col-
our="black",
                                   size = 6)) +
  theme(axis.title.x = element_text(face = "bold", vjust=2, col-
our="black", size = 6))+
  theme(axis.text.y = element_text(hjust = 1, vjust=0.5, col-
our="black",
                                   size = 5.5)) +
  theme(axis.text.x = element_text(vjust=0.5, colour="black", size =
6,
                                   hjust = 0.5, angle = 90))+
  theme(axis.ticks.length.y = unit(0.15, "cm"),
        axis.ticks.length.x = unit(0.15, "cm"))
frc_sp1
# 5. PLOT 2 #####
dns_SP1<- read.csv(paste0("10_incendios/dns_Als_egg_prv.csv"),
                  header = TRUE, sep = ",", dec = ".")
dns_sp1 <- ggplot(data = dns_SP1) +
  geom_bar(mapping = aes(x = Densidad, y =Provincias ),
           stat = "identity", width = 0.7, fill="lightcoral", al-
pha=0.6)+
  #geom_text(aes(x = Densidad, y = Provincias, label = Densidad),
hjust = 0.5,
#           size = 2, position = position_stack(vjust = 0.95))+
  scale_y_discrete(limit = c("Zona No Delimitada", "Santo Domingo de
los Tsachilas", "Santa Elena", "Manabi", "Los Rios",
                           "Loja", "Guayas", "Esmeraldas", "El
Oro", "Cotopaxi", "Bolivar", "Azuay"),
                  labels = c("Zona No Delimitada", "Santo Domingo de
los Tsachilas", "Santa Elena", "Manabi", "Los Rios",
                           "Loja", "Guayas", "Esmeraldas", "El
Oro", "Cotopaxi", "Bolivar", "Azuay"))+
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 0.0564 , 0.1128, 0.1694),
                    labels = c("0", "0.0564", "0.1128", "0.1694"))+
  theme_bw()+
  theme(legend.position = "none")+
  xlab("Alseis \n eggersii \n (FA/km2)")+
  ylab(NULL)+
  theme(axis.title.x = element_text(face = "bold", vjust=2, col-
our="black", size = 6))+
  theme(axis.text.x = element_text(vjust=0.8, colour="black", angle
=90,
                                   hjust = 0.6, size=5.5))+
  theme(axis.title.y = element_blank()+
  theme(axis.text.y = element_blank()+
  theme(axis.ticks.length.y = unit(0.15, "cm"),

```

```
axis.ticks.length.x = unit(0.15, "cm"))
dns_sp1
plot1 <- grid.arrange(frc_sp1, dns_sp1, ncol=2,
  layout_matrix = rbind(c(1,2), c(1,2)),
  widths=c(7.5, 7.5), heights=c(13,13))
ggsave(plot1, file="9_graficos/wf_dns_frc_PRUEBA.png", height = 14, width =
24,
  units="cm", dpi = 300)
```

Anexo 16. Script para la construcción de series temporales.

```
# 1. IMPORTAR LIBRERIAS #####
pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, sf, tidyverse, classInt, sp,
               maptools, cleangeo, rmapshaper, GISTools, dplyr, lubridate,
               xts, timeSeries, tidyr, ggplot2, chron, plyr, iClick, tim-
sac,
               forecast, trend, zoo, asts, tseries, stats, gridExtra)
# 2. DIRECTORIO DE TRABAJO Y VARIABLES #####
#setwd("C:/Articulo_EA")
setwd("C:/Tesis_ER/Biomodelos_vertientes")
name_sp1 <- "Alseis eggersii"
name_sp2 <- "Cordia alliodora "
name_sp3 <- "Geoffroea spinosa
name_sp4 <- " Handroanthus chrysanthus "
name_sp5 <- " Loxopterygium huasango "
name_sp6 <- " Machaerium millei"
inc_sp1 <- "al"
inc_sp2 <- "ca"
inc_sp3 <- "gs"
inc_sp4 <- "hc"
inc_sp5 <- "lh"
inc_sp6 <- "mm"
# 3. PREPARACION DE DATOS PARA GRAFICO #####
#CARGAR DATOS
files <- list.files(path= "2_vector/", pattern = "_01_20.shp$", full.names
= T)
shp_list <- lapply(files, st_read)
shp_list[[1]]$geometry <- NULL
shp_list[[2]]$geometry <- NULL
shp_list[[3]]$geometry <- NULL
shp_list[[4]]$geometry <- NULL
shp_list[[5]]$geometry <- NULL
shp_list[[6]]$geometry <- NULL
#INICIO Y FINAL DE SERIE TEMPORAL
inicio <- as.Date("2001-01-01")
final <- as.Date("2023-12-31")
data.rell <- data.frame(date_month=seq(floor_date(inicio, unit = "month"),
                                       floor_date(final, unit = "month"),
                                       by="month"))

##### SP 1 #####
df_sp <- 1
nm_sp <- "Als_egg"
# 4. CONTEO DE FUEGOS ACTIVOS #####
#FORMATO FECHA
shp_list[[df_sp]]$ACQ_DATE <- ymd(shp_list[[df_sp]]$ACQ_DATE)
shp_list[[df_sp]]$date_month <- format(shp_list[[df_sp]]$ACQ_DATE,
'%Y/%m')
#CONTEO
wf_data_sp <- shp_list[[df_sp]] %>%
  dplyr::group_by(date_month) %>%
  dplyr::summarise(wf_count = n())
# 5. RELLENO DE DATOS FALTANTES #####
#FORMATO FECHA
wf_data_sp$date_month <- ym(wf_data_sp$date_month)
#UNIR DATOS RELLENOS con WF Y RELLENO
data_wf_sp <- data.rell %>%
  group_by(month_rell = floor_date(date_month, unit = "month")) %>%
  left_join(wf_data_sp) %>%
  mutate(wf_count=ifelse(is.na(wf_count), 0, wf_count))
#GUARDAR TABLA
```

```

write.csv(data_wf_sp, paste0("10_incendios/wf_", nm_sp, "_ts.csv"),
          row.names = F)
# 6. SERIE TEMPORAL #####
#CARGAR DATOS
files <- list.files(path= "10_incendios/", pattern = "_ts.csv$", full.names
= T)
csv_files <- lapply(files, read.csv, header = T)
#ST SP
ts_sp1 <- ts(csv_files[[1]]$wf_count, start=c(2001,01), end = c(2023,12),
            frequency = 12)
plot(ts_sp1)
ts_sp2 <- ts(csv_files[[2]]$wf_count, start=c(2001,01), end = c(2023,12),
            frequency = 12)
plot(ts_sp2)
ts_sp3 <- ts(csv_files[[3]]$wf_count, start=c(2001,01), end = c(2023,12),
            frequency = 12)
plot(ts_sp3)
ts_sp4 <- ts(csv_files[[4]]$wf_count, start=c(2001,01), end = c(2023,12),
            frequency = 12)
plot(ts_sp4)
ts_sp5 <- ts(csv_files[[5]]$wf_count, start=c(2001,01), end = c(2023,12),
            frequency = 12)
plot(ts_sp5)
ts_sp6 <- ts(csv_files[[6]]$wf_count, start=c(2001,01), end = c(2023,12),
            frequency = 12)
plot(ts_sp6)
# 7. ST PLOT #####
png("9_graficos/Ts_sp.png", width = 550, height = 575, units = "px")
par(mfrow=c(4,1))
tsplot(ts_sp1, main=list(paste0(name_sp1), cex=1.4), col="red", type="o",
       pch=20, ylab=list("Frecuencia", cex=1.4), xlab="")
tsplot(ts_sp2, main=list(paste0(name_sp2), cex=1.4), col="blue", type="o",
       pch=20, ylab=list("Frecuencia", cex=1.4), xlab="")
tsplot(ts_sp3, main=list(paste0(name_sp3), cex=1.4), col="green4",
       type="o",
       pch=20, ylab=list("Frecuencia", cex=1.4), xlab="")
tsplot(ts_sp4, main=list(paste0(name_sp4), cex=1.4), col="black", type="o",
       pch=20, ylab=list("Frecuencia", cex=1.4), xlab="")
tsplot(ts_sp5, main=list(paste0(name_sp5), cex=1.4), col="black", type="o",
       pch=20, ylab=list("Frecuencia", cex=1.4), xlab="")
tsplot(ts_sp6, main=list(paste0(name_sp5), cex=1.4), col="black", type="o",
       pch=20, ylab=list("Frecuencia", cex=1.4), xlab="")
dev.off()
# 8. DESCOMPOST (STL) #####
png(paste0("9_graficos/descp_", inc_sp1, ".png"), width = 600, height =
300,
    units = "px")
plot(stl(ts_sp1, "per"), main=list(paste0(name_sp1)))
dev.off()

png(paste0("9_graficos/descp_", inc_sp2, ".png"), width = 600, height =
300,
    units = "px")
plot(stl(ts_sp2, "per"), main=list(paste0(name_sp2)))
dev.off()

png(paste0("9_graficos/descp_", inc_sp3, ".png"), width = 600, height =
300,
    units = "px")
plot(stl(ts_sp3, "per"), main=list(paste0(name_sp3)))
dev.off()

```

```

png(paste0("9_graficos/descp_", inc_sp4, ".png"), width = 600, height =
300,
    units = "px")
plot(stl(ts_sp4, "per"), main=list(paste0(name_sp4)))
dev.off()
png(paste0("9_graficos/descp_", inc_sp5, ".png"), width = 600, height =
300,
    units = "px")
plot(stl(ts_sp5, "per"), main=list(paste0(name_sp5)))
dev.off()

png(paste0("9_graficos/descp_", inc_sp6, ".png"), width = 600, height =
300,
    units = "px")
plot(stl(ts_sp6, "per"), main=list(paste0(name_sp6)))
dev.off()
# 9. CALCULO TENDENCIA #####
mk.test(ts_sp1)
mk.test(ts_sp2)
mk.test(ts_sp3)
mk.test(ts_sp4)
mk.test(ts_sp5)
mk.test(ts_sp6)
# 10. MAGNITUD DE TENDENCIA #####
sens.slope(ts_sp1, conf.level = 0.95)
sens.slope(ts_sp2, conf.level = 0.95)
sens.slope(ts_sp3, conf.level = 0.95)
sens.slope(ts_sp4, conf.level = 0.95)
sens.slope(ts_sp5, conf.level = 0.95)
sens.slope(ts_sp6, conf.level = 0.95)
# 11. TENDENCIA ESTACIONALIDAD (PRUEBA) #####
smk.test(ts_sp1)
smk.test(ts_sp2)
smk.test(ts_sp3)
smk.test(ts_sp4)
smk.test(ts_sp5)
smk.test(ts_sp6)
# 12. ESTACIONALIDAD (PRUEBA) #####
adf.test(ts_sp1) # p-value < 0.05 indicates the TS is stationary
adf.test(ts_sp2)
adf.test(ts_sp3)
adf.test(ts_sp4)
adf.test(ts_sp5)
adf.test(ts_sp6)
# 13. PLOT ESTACIONALIDAD (PRUEBA) #####
seasonplot(ts_sp1, 12, col=rainbow(18), year.labels=T,
           main=paste0(name_sp1))
seasonplot(ts_sp2, 12, col=rainbow(18), year.labels=T,
           main=paste0(name_sp2))
seasonplot(ts_sp3, 12, col=rainbow(18), year.labels=T,
           main=paste0(name_sp3))
seasonplot(ts_sp4, 12, col=rainbow(18), year.labels=T,
           main=paste0(name_sp4))
seasonplot(ts_sp5, 12, col=rainbow(18), year.labels=T,
           main=paste0(name_sp5))
seasonplot(ts_sp6, 12, col=rainbow(18), year.labels=T,
           main=paste0(name_sp6))

```

Anexo 17. Certificado de traducción de Resumen/abstract

Loja, 30 de Mayo del 2024

David Andrés Araujo Palacios.

TRADUCTOR E INTÉRPRETE DE IDIOMAS (INGLÉS-ESPAÑOL-INGLÉS)

CERTIFICO:

Que se ha realizado la traducción de español a inglés del resumen derivado del trabajo de titulación denominado **"Impactos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano"** de autoría de la tesista **Emily Michelle Rodríguez Castillo**, portadora de la cédula de identidad número **1104114796** estudiante de la **Carrera de Ingeniería Forestal** de la **Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables** de la **Universidad Nacional de Loja**, mismo que se encuentra bajo la dirección del **Ing. Juan Armando Maita Chamba Mg. Sc.**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente como considere.



Firmado electrónicamente por:
**DAVID ANDRES
ARAUJO
PALACIOS**

Traductor

Registro: **MDT-3104-CCL-252098**

Teléfono: **0963660998**