



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Efectos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de distribución de especies forestales del bosque seco ecuatoriano

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

AUTOR:

Ronny Santiago Loján Díaz

DIRECTOR:

Ing. Juan Maita Chamba Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 12 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: **Efectos de la de deforestación e incendios forestales en las áreas de distribución de especies forestales del bosque seco ecuatoriano**, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, de la autoría del estudiante **Ronny Santiago Loján Díaz**, con **cédula de identidad Nro. 1150361473**, 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 **Ronny Santiago Loján Díaz**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o 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.

A handwritten signature in blue ink that reads "Santiago Loján". The signature is written in a cursive style and is enclosed within a light blue oval shape.

Firma:

Cédula de identidad: 1150361473

Fecha: 26 de julio de 2024

Correo electrónico: ronny.lojan@unl.edu.ec / santiagl.rsld@gmail.com

Teléfono: 0991856087

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

Yo, **Ronny Santiago Loján Diaz**, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación denominado **Efectos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de distribución de especies forestales del bosque seco ecuatoriano**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero 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:



Autor: Ronny Santiago Loján Diaz

Cédula: 1150361473

Dirección: Barrio San Rafael, Loja

Correo electrónico: ronny.lojan@unl.edu.ec / santiagl.rsld@gmail.com

Teléfono: 0991856087

DATOS COMPLEMENTARIO

Director del Trabajo de Titulación:

Ing. Juan Maita Chamba Mg. Sc.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicó a Dios, quien ha sido mi fortaleza y mi guía para llegar a tan anhelado logro de ser profesional, así mismo por permitirme superar cada obstáculo que se presentó, enseñándome a no renunciar a mis sueños.

A mi madre Lida Diaz por ser una mujer luchadora, que con su gran esfuerzo y sacrificio me ha permitido salir adelante cumpliendo una meta muy importante en mi vida, gracias por los valores inculcados, consejos, sabiduría y amor brindado. Esta tesis es el reconocimiento de toda la dedicación incansable como madre y mentora. Te dedicó con profundo agradecimiento y amor este logro, que también es tuyo.

Destino este sueño cumplido con mucho amor y cariño a mis abuelitos María Vivanco e Higinio Diaz que Dios los tiene en su gloria, este logro quedara grabado en su honor como muestra de infinita gratitud, al haber sido un pilar fundamental en el transcurso de formación como buena persona y como profesional, este sueño es muestra de mi eterna gratitud y amor hacia ustedes. A mis hermanas Gisella y Doménica quienes me acompañaron durante todo el trayecto de formación académica, siendo un apoyo incondicional en mi proceso de formación. De igual manera a mi tío Gonzalo Loján, quien me apoyo incondicionalmente para lograr cumplir este sueño.

A mis amigos Brayan, Karla y Emily, quienes han estado conmigo en el trayecto de formación, por su apoyo incondicional y su amistad en aquellos momentos buenos y malos.

A mis docentes por impartirme los conocimientos adecuados que me ayudaron a formarme como profesional. Finalmente, a mi director de tesis por los valores inculcados, confianza y ser mi guía durante este proceso.

Para ustedes, con cariño...

Ronny Santiago Loján Diaz

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal, por otorgarme en sus aulas vastos conocimientos para poder cumplir con este objetivo anhelado.

A mi madre, hermanas y tío, por guiarme y apoyarme incondicionalmente a seguir mejorando como personas, profesional, motivándome a seguir cumpliendo con mis sueños sin importar las adversidades.

Agradezco a mi director de trabajo de titulación Ing. Juan Armando Maita, quien con su experiencia, conocimiento, motivación e infinita paciencia me oriento en todo momento permitiendo así el desarrollo de esta investigación.

A las Ingenieras, Yessica Rey y Fernanda Ochoa, por haber compartido sus conocimientos, apoyo y amistad brindada durante todo el proceso de formación académica.

A todos mis compañeros y amigas Emily, Erika, Karla y Jennifer, por ser y estar en todos estos años de formación académica. Por apoyarme, escucharme y aconsejarme durante este proceso de formación para ser una mejor persona y profesional.

Finalmente, agradezco especialmente a mi mejor amigo Brayan Guarnizo, por demostrarme que una amistad va mucho más allá, convirtiéndose como un hermano que ha estado en los momentos buenos y malos, gracias por tu cariño y amistad incondicional.

A todos quienes de alguna u otra forma me apoyaron. Gracias.

Ronny Santiago Loján Díaz

Índice de contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexo	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
4. Marco teórico	6
4.1. Bosques secos	6
4.2. Los bosques secos, características y su importancia.....	6
4.3. Manejo de bosques nativos	7
4.4. Especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco	7
4.5. Descripción botánica de las especies estudiadas.....	8
4.5.1. Descripción botánica de <i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.....	8
4.5.2. Descripción botánica de <i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.....	9
4.5.3. Descripción botánica de <i>Vitex gigantea</i> Kunth.....	9
4.5.4. Descripción botánica de <i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth.....	10
4.5.5. Descripción botánica de <i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana y Planch	11
4.5.6. Descripción botánica de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.....	11
4.6. Áreas de distribución de las especies.....	12
4.7. Nicho ecológico, concepto y fundamentos	12
4.7.1. Dualidad de Hutchinson.....	13
4.7.2. Modelo de Nicho Ecológico (MNE).....	13
4.7.3. Diagrama BAM.....	14

4.8. Paquetes y pruebas utilizadas en el modelamiento.....	14
4.8.1. Descripción de Maxent.....	14
4.8.2. Paquete R Grinnell.....	15
4.8.3. Kuenm.....	15
5. Metodología	16
5.1. Área de estudio.....	16
5.2. Metodología para el primer objetivo: Estimar las áreas de adecuación de especies forestales del bosque seco ecuatoriano.....	17
5.2.1. Selección de las especies evaluadas.....	17
5.2.2. Obtención de registros y variables climáticas.....	18
5.2.3. Descarga de variables bioclimáticas.....	18
5.2.4. Filtrado de datos de ocurrencia.....	19
5.2.5. Variables Last Glacial Maximun (LGM).....	20
5.2.6. Selección de variables.....	20
5.2.7. Generación de modelos.....	20
5.2.8. Validación de modelos por especialistas	20
5.2.9. Perfil bioclimático.....	21
5.3. Metodología para el segundo objetivo: Establecer las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales.....	21
5.3.1. Datos de deforestación e incendios forestales	21
5.3.2. Intersección de bosques con áreas de adecuación	21
5.3.3. Filtrado de datos de fuegos activos.....	22
5.3.4. Determinación de fuegos activos en las áreas de distribución de las especies	22
5.3.5. Análisis de la deforestación en las áreas de distribución de las especies	22
6. Resultados.....	23
6.1. Estimación de las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano.....	23
6.1.1. Filtrado de la base de registros de presencia de las especies.....	23
6.1.2. Estadísticas de calibración de los modelos.....	23
6.1.3. Modelos seleccionados	24
6.1.4. Áreas de adecuación de las especies.....	25
6.1.5. Perfil bioclimático.....	28

6.2. Áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano por deforestación e incendios forestales	29
6.2.1. Deforestación.....	29
6.2.2. Incendios Forestales.....	34
7. Discusiones.....	42
7.1. Áreas de adecuación.....	42
7.2. Deforestación	44
7.3. Incendios	44
8. Conclusiones	46
9. Recomendaciones	47
10. Bibliografía	48
11. Anexos	57

Índice de tablas

Tabla 1. Listado de las especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco presentes en el Acuerdo Ministerial No. 244	7
Tabla 2. Especies seleccionadas	18
Tabla 3. Variables bioclimáticas de WorldClim	18
Tabla 4. Rangos altitudinales de las especies estudiadas	19
Tabla 5. Especies y número de registros utilizados para el modelamiento	23
Tabla 6. Resultado de los modelos de las especies evaluadas	23
Tabla 7. Parámetros de los modelos más significativos resultantes de la calibración.....	24
Tabla 8. Superficies de las áreas de adecuación de las especies forestales a nivel provincial, expresadas en hectáreas y porcentaje	27
Tabla 9. Pruebas estadísticas a las series temporales	41

Índice de Figuras

Figura 1. Hojas y fruto de <i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.....	8
Figura 2. Hojas y fruto de <i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.....	9
Figura 3. Árbol, fruto y hojas de <i>Vitex gigantea</i> Kunth.....	9
Figura 4. Flores, frutos y hojas de <i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth.....	10
Figura 5. Hojas y fruto de <i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana y Planch.....	11
Figura 6. Hojas y flores de <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.....	11
Figura 7. Nicho ecológico representado por dos variables ambientales	13
Figura 8. La dualidad de Hutchinson en 3 variables bioclimáticas. Sobre el espacio geográfico (G) y variables climáticas en el espacio ambiental (E)	13
Figura 9. Representación gráfica de la construcción de MNE.....	14
Figura 10. Diagrama de BAM.....	14
Figura 11. Mapa del Bosque Seco Ecuatoriano	16
Figura 12. Modelo de distribución potencial de las especies: A) <i>Myroxylon peruiferum</i> , B) <i>Piscidia carthagenensis</i> , C) <i>Vitex gigantea</i> , D) <i>Ziziphus thyrsoiflora</i> , E) <i>Bursera graveolens</i> y F) <i>Guazuma ulmifolia</i>	25
Figura 13. Datos mínimos, máximos y medias de elevación por especie.....	28
Figura 14. Datos mínimos, máximos y medias de temperatura por especie	28
Figura 15. Datos mínimos, máximos y medias de precipitación por especie	28
Figura 16. Análisis estadístico de la deforestación en el Ecuador en los períodos de 1990-2020. A) Hectáreas deforestadas en el área de adecuación de la especie, B) Porcentaje de cobertura boscosa perdida con relación al área de adecuación de la especie.....	30
Figura 17. Deforestación por períodos en las áreas de adecuación de las especies	31
Figura 18. Análisis estadístico de la deforestación a nivel provincial por especie en el período de 1990-2020.....	33
Figura 19. Análisis estadístico de fuegos activos en el Ecuador en el período 2001-2023. A) Frecuencia de fuegos activos por especie, B) Densidad de fuegos activos por especie.....	34
Figura 20. Análisis estadístico de fuegos activos a nivel provincial por especie en el período de 2001-2023.....	36
Figura 21. Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para <i>Myroxylon peruiferum</i> desde 2001 a 2023.....	37
Figura 22. Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para <i>Piscidia carthagenensis</i> 2001 a 2023.....	38

Figura 23. Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para <i>Vitex gigantea</i> 2001 a 2023	38
Figura 24. Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para <i>Ziziphus thrysiflora</i> 2001 a 2023.....	39
Figura 25. Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para <i>Bursera graveolens</i> 2001 a 2023.....	40
Figura 26. Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para <i>Guazuma ulmifolia</i> 2001 a 2023.....	40

Índice de anexo

Anexo 1. Script para la descarga de paquetes y datos 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	71
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 período (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 para cada especie.....	94
Anexo 14. Script para el análisis de la densidad de fuegos activos por km ²	97
Anexo 15. Script para el análisis de fuegos activos por provincia.....	101
Anexo 16. Script para la construcción de series temporales (2001-2023).....	106
Anexo 17. Certificado de traducción del Resumen/abstract	110

1. Título

Efectos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de distribución de especies forestales del bosque seco ecuatoriano

2. Resumen

Los bosques secos son un ecosistema que posee un alto grado de endemismo y que provee de servicios ecosistémicos a las personas, estos se encuentran amenazados por acciones antrópicas como la deforestación, incendios y erosión constante de la biodiversidad. Bajo este contexto, la presente investigación tiene como objetivo generar información científica sobre las áreas de adecuación de las especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco afectadas por deforestación e incendios forestales. Para ello se determinó las áreas de adecuación de seis especies de importancia ecológica y económica (*Myroxylon peruiferum* L.f, *Piscidia carthagenensis* Jacq, *Vitex gigantea* Kunth, *Ziziphus thyrsoiflora* Benth, *Bursera graveolens* (Kunth) Triana y Planch y *Guazuma ulmifolia* Lam). Mediante la descarga de los registros de presencia de los portales web GBIF y BNDB, así mismo de ejemplares botánicos del “Herbario Reinaldo Espinoza de la Universidad Nacional de Loja”, además de la descarga de las variables climáticas de WorldClim. Posteriormente, se realizó un filtrado de los puntos de presencia sin coordenadas, coordenadas repetidas, y valores nulos con anomalías altitudinales y que muestran heterogeneidad climática, para luego generar, seleccionar y ensamblar los mejores modelos, todo este proceso se lo realizó en el software RStudio. Los modelos se validaron mediante especialistas botánicos de la Universidad Nacional de Loja. Para la determinación de la superficie deforestada se obtuvo información de cobertura vegetal del MAATE, se extrajeron los bosques nativos para luego realizar una intersección con las áreas de adecuación. Así mismo se obtuvo los incendios forestales de la NASA en donde se realizó una intersección de los fuegos activos y las áreas de adecuación. Finalmente, se obtuvo que *Vitex gigantea* presentó la mayor área de adecuación con 4 022 207,3 ha, seguida de *Myroxylon peruiferum* con 3 200 330 ha. En cuanto a deforestación en el período 1990-2020, *Bursera graveolens* presentó la mayor área deforestada con 495 405 ha y un porcentaje de pérdida de bosque de 28,01 %, seguida de *Vitex gigantea* con 412 006 ha y un porcentaje de pérdida de bosque de 45,36 %. La obtención de fuegos activos durante el período 2001-2023, se obtuvo que *Myroxylon peruiferum* presentó mayor FA siendo la más afectada con 6 895 y una densidad de 0,1247 FA/km², seguida de *Vitex gigantea* con 6 323 FA y con una densidad de 0,1229 FA/km².

Palabras clave: Bosque seco, deforestación, incendios forestales, idoneidad, distribución, nicho ecológico.

Abstract

Dry forests are an ecosystem that has a high degree of endemism and that provides ecosystem services to people; they are threatened by anthropogenic actions such as deforestation, fires and constant erosion of biodiversity. Under this context, the present research aims to generate scientific information on the areas of suitability of conditional use species of dry forest affected by deforestation and forest fires. For this purpose, the suitability areas of six species of ecological and economic importance (*Myroxylon peruiferum* Lf, *Piscidia carthagenensis* Jacq, *Vitex gigantea* Kunth, *Ziziphus thyrsoiflora* Benth, *Bursera graveolens* (Kunth) Triana y Planch and *Guazuma ulmifolia* Lam) were determined. By downloading the presence records from the GBIF and BNDB web portals, as well as botanical specimens from the “Reinaldo Espinoza Herbarium of the Universidad Nacional de Loja”, in addition to downloading the climatic variables from WorldClim. Subsequently, a filtering of the presence points without coordinates, repeated coordinates, and null values with altitudinal anomalies and showing climatic heterogeneity was carried out, to then generate, select and assemble the best models. This entire process was carried out in the RStudio software. The models were validated by botanical specialists from the National University of Loja. To determine the deforested area, vegetation cover information was obtained from the MAATE, the native forests were extracted and then an intersection was made with the adaptation areas. Likewise, forest fires were obtained from NASA where an intersection of active fires and adaptation areas was made. Finally, it was found that *Vitex gigantea* presented the largest area of suitability with 4,022,207.3 ha, followed by *Myroxylon peruiferum* with 3,200,330 ha. Regarding deforestation in the period 1990-2020, *Bursera graveolens* presented the largest deforested area with 495,405 ha and a percentage of forest loss of 28.01%, followed by *Vitex gigantea* with 412,006 ha and a percentage of forest loss of 45.36%. Obtaining active fires during the period 2001-2023, it was found that *Myroxylon peruiferum* presented the highest FA, being the most affected with 6,895 and a density of 0.1247 FA/km², followed by *Vitex gigantea* with 6,323 FA and with a density of 0.1229 FA/km².

Keywords: Dry forest, deforestation, forest fires, suitability, distribution, ecological niche.

3. Introducción

El 42 % de la superficie forestal corresponde al bosque seco, así mismo en Sudamérica el bosque seco ocupa una extensión equivalente al 22 % del área forestal (Ramírez, 2019). Además, que albergan comunidades ecológicas únicas y diversas, lo que contribuyen a su deforestación y erosión constante de la biodiversidad (Banda et al., 2016). Estos bosques presentan dos períodos climáticos definidos, uno seco entre mayo a noviembre y otro lluvioso de diciembre a abril, con una precipitación de 400 a 600 mm y una temperatura promedio de 24,9 °C (Padilla et al., 2018). Son un ecosistema importante el cual provee a los habitantes de la zona, productos maderables para estructuras y en ocasiones para el mercado, además de poseer un alto grado de endemismo (Rivas et al., 2020).

En Ecuador los bosques secos se distinguen como una franja costera de 25 030 km² equivalente al 10 % del país (Montaño y Roa, 2012), se distribuyen en el centro y sur de la región occidental, específicamente en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Loja. Estos ecosistemas son caducifolios durante la estación seca. Los bosques secos del sur del Ecuador, de las provincias de El Oro y Loja, representan el 50 % de bosque seco en Ecuador, constituyendo no más del 25 % del Bosque Seco original, siendo el Cañón del Rio Catamayo, La Ceiba, Cerro Negro y Los Bosques de Tagua, los remanentes boscosos más importantes en cuanto a extensión por hectáreas (Paladines, 2003). En Loja aproximadamente el 20 % (2 000 km²) de la provincia corresponde a bosque seco (Padilla et al., 2018).

La deforestación se ha convertido en la mayor amenaza para los ecosistemas de bosque seco estacional en Ecuador, originalmente el 35 % del Ecuador estaba cubierto por bosque seco, se estima que entre el 60 y 75 % ha desaparecido, debido a que en los últimos 70 años han sufrido grandes presiones antrópicas como, extracción de madera, conversión del uso de la tierra y sobre pastoreo caprino (Aguirre y Geada, 2017). Se registra un área de deforestación anual de 678,13 Km² entre 1990 y 2008, provocando un cambio en la reducción del área de 1,4 % por año entre 2008 y 2014 (Rivas et al., 2021).

Los incendios en el bosque seco se caracterizan por la escasez de lluvias en determinadas épocas del año (Vázquez et al., 2001). Los incendios consumen con gran facilidad la vegetación seca, haciendo difícil poder controlar debido a la poca disponibilidad de agua y la inexistencia de encargados de su control. Según el SNGRE (2020) en el Ecuador se han registrado 3 303 incendios, con una pérdida de 32 295,41 ha en los años 2018 a 2020, lo que corresponde al 38,41 % de incendios registrados en Ecuador y el 43,50 % de ha pertenecientes a la costa ecuatoriana. Por otra parte, la falta de atención local y nacional de ese hábitat es mínima, a pesar

de que se encuentra muy amenazado y es un sustento económico de las poblaciones que los rodean (Guerrón et al., 2005).

De acuerdo con Ferrier et al., 2006, el modelamiento de distribución indica la idoneidad del hábitat para el desarrollo poblacional de una especie concreta o de una comunidad en relación con ciertos atributos ambientales, lo que permite obtener la distribución en una región de interés, así mismo permitiendo definir los hábitats adecuados para las especies en condiciones presentes y futuras, en las que se combinan información contenida en conjunto de datos de libre acceso, modelos de distribución de especies y modelos climáticos (FAO y PNUMA, 2020).

Por lo anteriormente mencionado, la presente investigación se enfoca en determinar las áreas de distribución potencial de las especies de bosque seco y como estas han sido afectadas por la deforestación e incendios forestales en el Ecuador, con el propósito de aportar información científica que sirva de sustento en la toma de decisiones sobre el manejo adecuado de las especies.

Para el cumplimiento de la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Generar información científica sobre las áreas de adecuación ambiental forestales de aprovechamiento condicionado del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales

Objetivos específicos

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

4. Marco teórico

4.1. Bosques secos

Los bosques secos forman parte de la Región Tumbesina, la cual está compartida entre Ecuador y Perú; y, se encuentran en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, El Oro, hasta la provincia de Loja, en la frontera con Perú. En Ecuador se encuentran continuos en la costa, aislados de los valles secos en el callejón andino, estos forman parte de la Región Tumbesina, que abarca aproximadamente 135 000 km², en altitudes de 0 a 2 000 m s.n.m., y en ocasiones hasta 3 000 m s.n.m. En Ecuador, los bosques secos tumbesinos ocupaban el 35 % de la costa (Aguirre et al., 2006). Estos ecosistemas mantienen un follaje denso durante tres a cuatro meses, en época lluviosa y posteriormente perdiendo sus hojas durante ocho a nueve meses (Moreira et al., 2022).

Los bosques secos proveen hábitats y mantienen especies endémicas y amenazadas de flora y fauna, considerándose como los mayores representantes de las condiciones florísticas y ecológicas de la Costa ecuatoriana. Su vegetación forma parte de una función ecológica, la cual constituye una fuente de servicios ambientales como: la captación de carbono y almacenamiento de carbono, lo que contribuye a la fertilidad de los suelos (Rodríguez et al., 2015).

4.2. Los bosques secos, características y su importancia

El bosque seco ecuatorial es un ecosistema muy frágil, húmedos poco estacionales, los cuales se han expuesto a perturbaciones ambientales severas como la incidencia estacional y la sequía (Rasal et al., 2011).

Los bosques secos son aquellos ecosistemas en los que alguna o gran parte de las especies vegetales pierden estacionalmente sus hojas (Vázquez et al., 2001). Sus lluvias marcadamente estacionales, los meses secos fluctúan entre tres y ocho; y, el promedio de lluvia anual es inferior a 2 000 mm (con fluctuaciones máximas y mínimas entre 250 a 400 mm y 1 600 a 2 000 mm) (Klitgard et al., 1999).

La importancia de los bosques secos se debe a que forman el corazón de la región de endemismo Tumbesino, en el cual en Ecuador se encuentran reportadas 136 especies, de las cuales se han identificado que 17 especies son exclusivas para Ecuador.

Un estudio realizado por Aguirre et al., 2006, menciona que el bosque seco ecuatorial se localiza en las regiones altas, que oscilan entre 1 000 y 1 100 m s.n.m., resultando como las más ricas en número total de especies y número de especies endémicas, en comparación con las regiones más bajas, menores a 500 m s.n.m., dando un total de 54 familias con 180 géneros y 313 especies (21 % del total) resultaron endémicas.

4.3. Manejo de bosques nativos

El manejo forestal comprende aquellas decisiones y actividades que permitan el aprovechamiento de los recursos forestales de manera ordenada, procurando satisfacer las necesidades de la sociedad, sin comprometer los bienes y servicios de las futuras generaciones (Aguirre, 2015).

El buen manejo forestal implica una perspectiva de cambio y adaptación continua, con la finalidad de mantener o aumentar el valor económico, social y ambiental de todos los tipos de bosque, mediante el manejo forestal se trata de implementar un marco legal, institucional y de políticas públicas en la cual se procura conservar los bosques (Cortés y Fernández, 2013).

4.4. Especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco

En el Acuerdo Ministerial N° 244 aprobado en el 2007 denominado normas para el manejo sustentable de los bosques seco nos muestra una lista de especies de aprovechamiento condicionado (Tabla 1) que están en peligro o amenazadas por la sobreexplotación de las mismas, en el cual menciona, al Bosque Seco Ecuatoriano como un ecosistema frágil el cual ha tenido procesos de deforestación y reducción de un 17 % de su extensión original, especialmente en los bosques del Litoral, también a que constituyen un recurso estratégico en el desarrollo de las poblaciones locales, importancia biológica debido al número de especies de flora, fauna y altos niveles de endemismo presente en estos ecosistemas (MAE, 2007).

Tabla 1.

Listado de las especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco presentes en el Acuerdo Ministerial No. 244

Nombre común	Nombre científico
Palo de vaca	<i>Alseis eggertii</i>
Laurel costeño	<i>Cordia alliodora</i>
Almendro	<i>Geoffroea spinosa</i>
Guayacán	<i>Handroanthus chrysanthus</i>
Gualtaco	<i>Loxopterygium huasango</i>
Cabo de hacha	<i>Machaerium millei</i>
Colorado o paipai	<i>Pradosia montana</i>
Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i>
Barbasco	<i>Piscidia carthagenensis</i>
Pechiche	<i>Vitex gigantea</i>
Ébano	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>
Palo santo	<i>Bursera Graveolens</i>
Guazimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>
Amarillo	<i>Centrolobium ochroxylum</i>
Anona	<i>Annona glabra</i>
Sota	<i>Maclura tinctoria</i>
Guachapeli	<i>Pseudosamanea guachapele</i>

Pigio o Pretino
Cocobolo
Guarapo o castaño

Cavanillesia platanifolia
Cynometra bauhinifolia
Terminalia valverdeae

4.5. Descripción botánica de las especies estudiadas

4.5.1. Descripción botánica de *Myroxylon peruiferum* L. f.

Figura 1.

Hojas y fruto de Myroxylon peruiferum. (Makoto, 2023)



Árbol conocido comúnmente como **bálsamo**, presenta características como, altura de 15 a 18 m, con copa irregular, redonda. Corteza rugosa de color castaño grisáceo. Hojas compuestas, imparipinnadas, alternas. Sus flores son hermafroditas con pétalos blancos, su inflorescencia es en racimo. Fruto es una legumbre aplanada parecida a una sámara, ensanchada en el ápice amarillenta con ala basal delgada. Florece en mayo-julio, se fructifica en octubre-diciembre (Aguilar et al., 2022).

Esta especie crece en las quebradas hondadas de piedemonte y valles secos interandinos, desde 0 - 1 400 m s.n.m.; en las provincias de Loja, El Oro, Guayas y Manabí (Aguirre, 2012; Jorgensen y León, 1999).

4.5.2. Descripción botánica de *Piscidia carthagenensis* Jacq

Figura 2.

Hojas y fruto de Piscidia carthagenensis (Chavolla y Delhotal, 2022)



Árbol conocido comúnmente como **barbasco**, se caracteriza por ser caducifolio, con una altura de 10 a 18 m. Su fuste es ramificado desde muy abajo, su corteza es de color crema con manchas negras irregulares, con presencia de lenticelas. Flores de color blanco-rosadas, con pedúnculo, cáliz de cinco sépalos. Su fruto es una legumbre, de color verde pálido y café claro (Moreira y Fabara, 2022).

Se desarrolla en planicies de los bosques espinosos tropicales. Crece entre 0 - 500 m s.n.m.; respectivamente en las provincias de Loja, El Oro, Guayas y Galápagos (Aguirre, 2012; Jorgensen y León, 1999).

4.5.3. Descripción botánica de *Vitex gigantea* Kunth

Figura 3.

Árbol, fruto y hojas de Vitex gigantea (Yetsin, 2023)



Es un árbol conocido comúnmente como **pechiche**, presenta características de hasta 30 m de altura. Fuste regular con ramas tendidas horizontalmente. Copa irregular de follaje denso.

Corteza fisurada, de color pardo grisáceo, con manchas blanquecinas. Sus hojas son compuestas, opuestas palmadas. Flores grandes, vistosas, de color morado o azul oscuro. Fruto es una drupa carnosa, negro o púrpura (Arroyo, 2020).

Prefiere los bosques maduros. Crece entre 0 - 500 m s.n.m.; en las provincias de El Oro, Guayas, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago y Napo (Aguirre, 2012; Jorgensen y León, 1999).

4.5.4. Descripción botánica de *Ziziphus thyrsoiflora* Benth

Figura 4.

Flores, frutos y hojas de Ziziphus thyrsoiflora (Maquilón, 2023)



Es un árbol conocido comúnmente como **ébano**, se caracteriza por ser perennifolio de 10-18 m de altura. Fuste irregular y variable. Corteza arrugada de color marrón claro a oscuro, al llegar a su edad adulta presenta nudos en el tallo. Su copa es redondeada muy densa. Ramas dispuestas en zigzag. Hojas simples alternas. Sus flores en inflorescencia cimosa. Fruto es una drupa redonda, café verdoso (Pacheco y Torres, 2007).

Se desarrolla en bosques secos y muy secos del Litoral ecuatoriano, entre 0 - 500 m s.n.m.; respectivamente en las provincias de Loja, El Oro, Guayas y Manabí (Aguirre, 2012; Jorgensen y León, 1999).

4.5.5. Descripción botánica de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana y Planch

Figura 5.

Hojas y fruto de Bursera graveolens (Ripley, 2011)



Árbol conocido comúnmente como **palo santo**, es caducifolio de 12 m de altura. Fuste cilíndrico ramificado. Su copa redondeada, medianamente cerrada. Corteza externa lisa, azulado a pardo cenizo cuando es joven y marrón en su etapa de adulto. Presencia de glándulas resiníferas que exudan un característico olor a alcanforado o incienso. Hojas compuestas imparipinnadas. Sus flores son pequeñas, blanco lila. El fruto es una drupa abayada de color verde rojizo (Marleny et al., 2006).

Habita las planicies y laderas del bosque seco. Crece entre 0 - 2 000 m s.n.m.; respectivamente en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Manabí, Imbabura y Galápagos (Aguirre, 2012; Jorgensen y León, 1999).

4.5.6. Descripción botánica de *Guazuma ulmifolia* Lam

Figura 6.

Hojas y flores de Guazuma ulmifolia (Dislich, 2024)



Es un árbol conocido comúnmente como **guásimo** caducifolio de 8-15 m de altura. Su fuste es retorcido, con ramificación. Copa irregular, redondeada, frondosa, con ramas muy extendidas. Sus hojas, simples alternas, de margen aserrado. Flores actinomorfas pequeñas, blanco amarillentas, dispuestas en inflorescencia en panícula. Frutos en cápsula globosa, con protuberancias cónicas (Fabián y Aluisa, 2010).

La especie se desarrolla en planicies y hondonadas del bosque seco natural o intervenido. Crece entre 0 - 2 500 m s.n.m.; en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Napo y Pastaza (Aguirre, 2012; Jorgensen y León, 1999).

4.6. Áreas de distribución de las especies

Las áreas de distribución de las especies son consideradas como “aquella fracción del espacio geográfico en donde una especie se encuentra presente e interactúa en forma no efímera con el ecosistema” (Zunino, 2000).

Las áreas de distribución se realizan con registros de organismos recolectados en campos y depositados en colecciones científicas, además de la localización de las especies con relación a la altitud, de tal forma que aquellas que se localizan a altitudes mayores presentan un área de distribución menor y, por el contrario, aquellas que se localizan en altitudes menores presentan un área de distribución mayor (Stevens, 1992).

Así mismo, la modelación de distribución de especies son representaciones cartográficas de la idoneidad de una especie para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación (Mateo et al., 2011). La construcción de modelos de distribución es un proceso de clasificación, la variable dependiente es dicotómica (presencia/ausencia), y las independientes pueden ser cuantitativas (temperatura o elevación) (Guisan y Zimmermann, 2000).

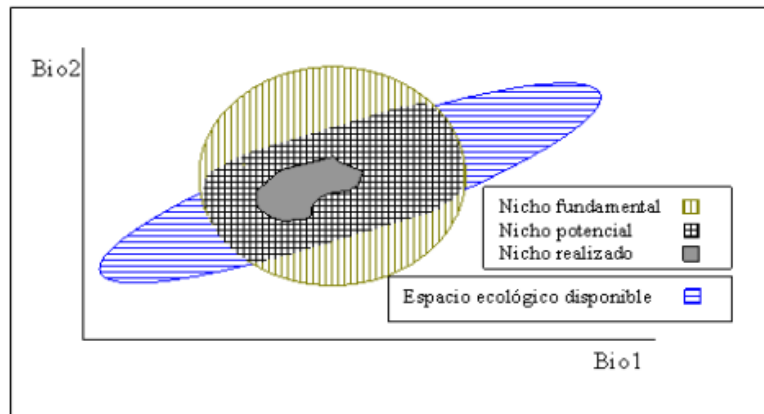
4.7. Nicho ecológico, concepto y fundamentos

Se define a nicho ecológico como la posición o estatus de un organismo dentro de su comunidad y ecosistema, resultante de las adaptaciones estructurales, respuestas fisiológicas y conductas específicas del organismo (Silva y Berovides, 1989). De acuerdo a la definición dada por Hutchinson (1957), el nicho ecológico es un hipervolumen multidimensional donde se concentra un conjunto de condiciones bióticas y abióticas en las que una especie es capaz de persistir y mantener un tamaño poblacional estable, el cual se encuentra constituido por:

- **Nicho fundamental:** se refiere a las condiciones abióticas en las cuales una especie puede vivir.
- **Nicho realizado:** son las condiciones ambientales existentes en el área, más las interacciones biológicas.

Figura 7.

Nicho ecológico representado por dos variables ambientales (López, 2007)

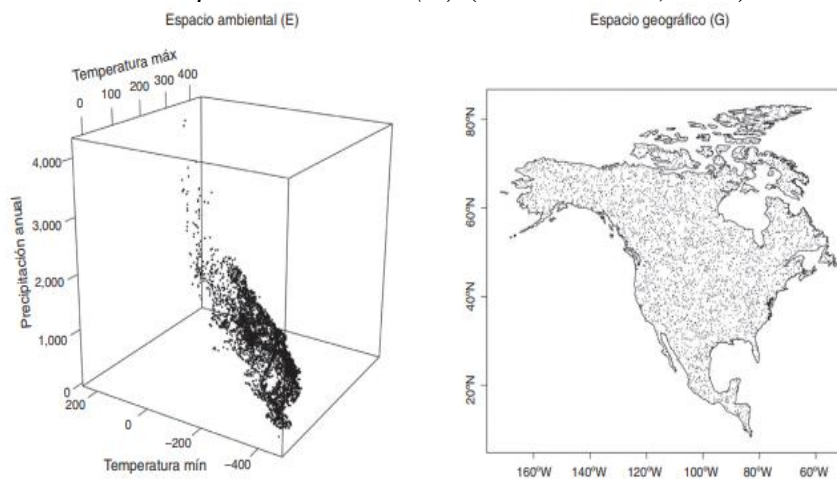


4.7.1. Dualidad de Hutchinson

Consiste en la forma utilizada para diferenciar el modelado de Nicho Ecológico y Modelado de Distribución de Especies, propuesta por Hutchinson sobre la correspondencia entre el espacio geográfico (G) y el espacio de nicho abstracto y multidimensional (E). Para ello se establece una relación 1:1 entre los puntos del espacio (G) y los del espacio (E). La modelación correlativa de nichos permite crear un objeto (E) que es posteriormente <<proyectado>> a (G) (Aiello et al., 2015).

Figura 8.

La dualidad de Hutchinson en 3 variables bioclimáticas. Sobre el espacio geográfico (G) y variables climáticas en el espacio ambiental (E) (Soberón et al., 2017)

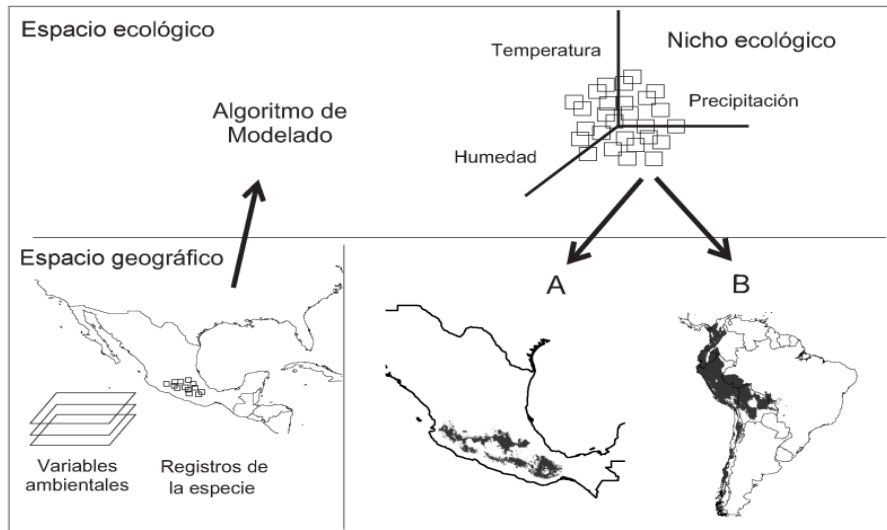


4.7.2. Modelo de Nicho Ecológico (MNE)

El modelo de nicho ecológico tiene como finalidad, llegar a una estimación aproximada del nicho fundamental de la especie existente en la geografía, además de predecir condiciones ambientales óptimas, incluyendo donde se encuentra la especie más las regiones que históricamente no han sido accesibles, pero que potencialmente podría ocupar la especie (Mota et al., 2019).

Figura 9.

Representación gráfica de la construcción de MNE (Mota et al., 2019).

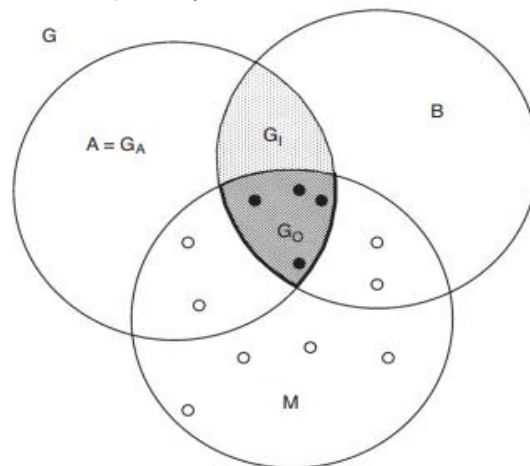


4.7.3. Diagrama BAM

El diagrama de BAM es una representación idealizada del espacio geográfico (G) (Soberón et al., 2017), dicho diagrama se integra de tres elementos (bióticos, abióticos y movilidad) en un contexto geográfico, representando una síntesis basada en diagramas de Venn que permite identificar como la alteración en cualquiera de los elementos tiene influencia directa sobre la distribución de las especies (Soberón y Peterson, 2005).

Figura 10.

Diagrama de BAM (Soberón et al., 2017)



4.8. Paquetes y pruebas utilizadas en el modelamiento

4.8.1. Descripción de Maxent

Maxent es un software para la modelación de distribución de especies y nicho ecológico. Utiliza el principio de máxima entropía para calcular la distribución más probable de acuerdo con los valores de idoneidad ambiental de los puntos de presencia utilizados para cada una de

ellas (Elith et al., 2006). El algoritmo lleva a cabo un número de iteraciones que alcanza un límite de convergencia del modelado y produce un mapa que contiene los valores de idoneidad del hábitat que va desde cero (no apto) a uno (perfectamente apto) (Phillips et al., 2006).

4.8.2. Paquete R Grinnell

Es un paquete de R el cual permite simular la dispersión, la colonización y la accesibilidad basándose en estimaciones de nicho. Uno de los principales algoritmos, 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) (Machado et al., 2021).

4.8.3. Kuenm

Es un paquete de R diseñado para realizar el proceso de calibración del modelo y creación del modelo final, es más fácil, reproducible y al mismo tiempo más robustas. Su objetivo es diseñar el conjunto de modelos candidatos para crear diversas calibraciones de modelos Maxent y permitir la selección de parametrizaciones óptimas para cada estudio (Peterson et al., 2018).

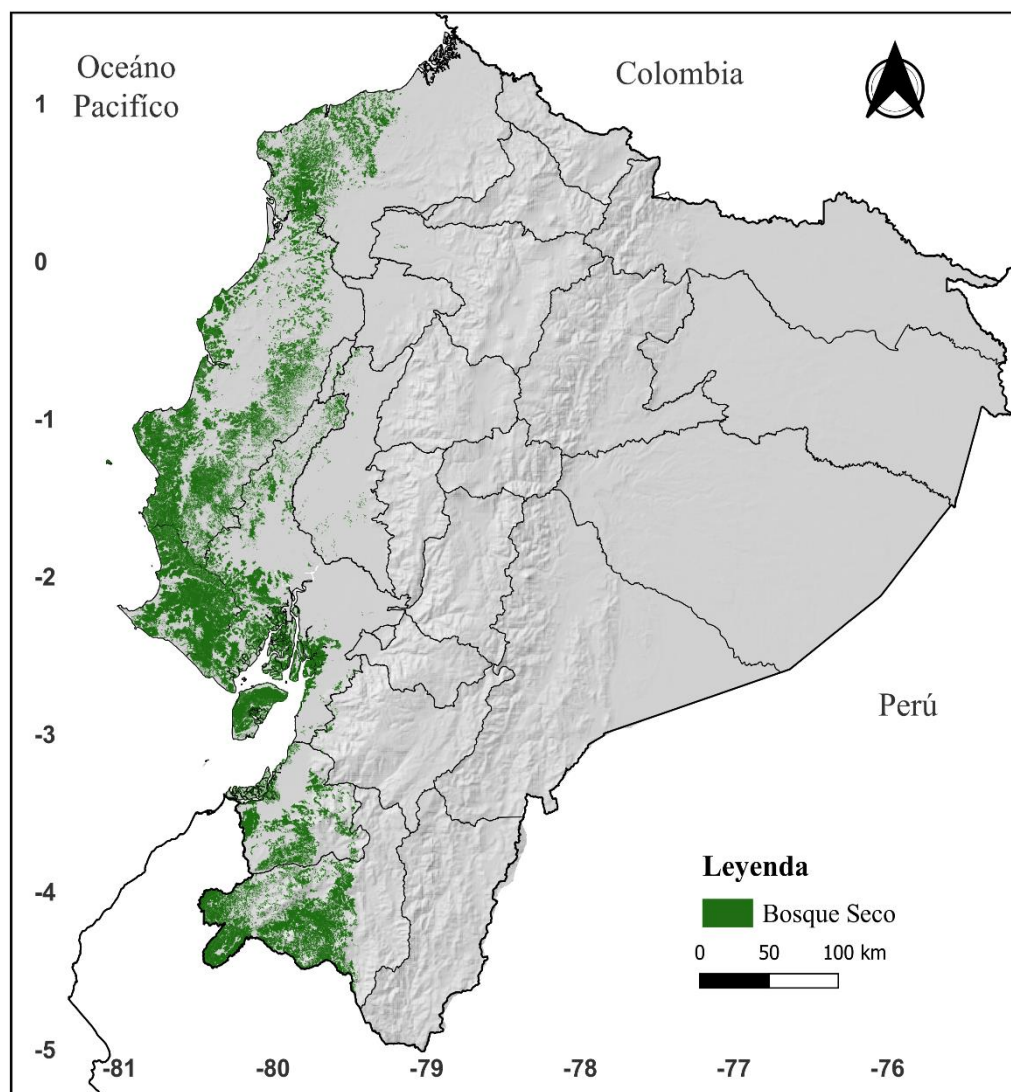
5. Metodología

5.1. Área de estudio

El área de estudio correspondiente al Bosque Seco ecuatoriano, distribuido a lo largo de la costa del país (Figura 11). La clasificación de regiones naturales utilizadas en la presente investigación es la propuesta por Sierra (1999).

Figura 11.

Mapa del Bosque Seco Ecuatoriano (Sierra, 1999)



Los bosques secos se encuentran continuos en la costa y aislados en los valles secos en el callejón interandino, estos bosques forman parte de la Región Tumbesina, la cual abarca aproximadamente 135 000 km², compartidos entre Ecuador y Perú, que van desde la provincia de Esmeraldas en el norte del Ecuador hasta el departamento de La Libertad en el NW de Perú áreas que van desde 0 – 2 000 m s.n.m. y a veces hasta 3 000 m .s.n.m. (Aguirre et al., 2006).

5.2. Metodología para el primer objetivo: Estimar las áreas de adecuación de especies forestales del bosque seco ecuatoriano

5.2.1. Selección de las especies evaluadas

Se consideró seis especies del listado de especies de aprovechamiento condicionado determinadas por el Ministerio del Ambiente (MAE) en el Acuerdo Ministerial 244 de normas para el manejo forestal sustentable de bosque seco (Tabla 1), considerando la importancia y representatividad, de acuerdo a las recomendaciones brindadas por parte de los investigadores del Herbario Reinaldo Espinoza de la Universidad Nacional de Loja. Además, la selección se basó por su gran importancia ecológica y económica (Tabla 2).

Myroxylon peruiferum, se seleccionó desde el punto de vista ecológico; ambientalmente es importante por los distintos servicios ecosistémicos, como: elaboración de artesanías, madera, artesanías y extracción de resinas para la industria de la perfumería y de uso medicinal para catarrros, laringitis, catarrros pulmonares y bronquitis (Limongi et al., 2012).

Piscidia carthagenensis, se seleccionó, desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, ya que brinda madera para construcción, uso técnico, alimento mediante la actividad de la pesca y medicina (Aguirre et al., 2006). Destacándose como el principal apoyo a las comunidades campesinas (Aguirre y Aguirre, 2021).

Vitex gigantea, se seleccionó desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos, ya que permite el abastecimiento de madera para construcción (muebles), ebanistería, elaboración de artesanías, alimentación y para programas de recuperación de fauna (Arroyo, 2020).

Ziziphus thyrsoflora, se seleccionó desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos, debido a que su madera es usada para parquet, artesanías, construcciones, cabos de hacha, leña, sus frutos de forraje para cabra, medicinal el cual cura la sarna y es un laxante ligero (Aguirre, 2012).

Bursera graveolens, se seleccionó desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos, siendo usada para la medicina y la madera como incienso, extracción de aceite a partir de su madera, uso veterinario y leña (Cabrera, 2021), ecológicamente la especie forma numerosos individuos, las cuales se pueden asociar con otras especies (Manzano, 2009).

Guazuma ulmifolia, se seleccionó desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos, debido a que brinda alimento para ganado, también es de uso medicinal para aliviar fiebre, hemorragias de herida y afecciones a los riñones, para amarrar, tejer, lana y forraje de animales (Pionce et al., 2018).

Tabla 2.*Especies seleccionadas*

Nombre científico	Nombre común	Categoría de amenaza UICN
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Bálsamo	Preocupación menor
<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacquin.	Barbasco	Preocupación menor
<i>Vitex gigantea</i> Kunth.	Pechiche	Preocupación menor
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth.	Ébano	Vulnerable
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana y Planch	Palo Santo	Preocupación menor
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guazimo	Preocupación menor

Fuente: (Moreira y Fabara, 2022; UICN, 2023)

5.2.2. Obtención de registros y variables climáticas

Los registros de presencia de las especies seleccionadas se descargaron de la base de datos de Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>) (GBIF, 2022), posteriormente se obtuvieron registros de la Base de Datos de Biodiversidad del Ecuador (<https://bndb.sisbioecuador.bio/bndb/projects/index.php>) (BNDB, 2022) y de ejemplares botánicos del Herbario “Reinaldo Espinoza” de la Universidad Nacional de Loja. Los puntos de presencia de GBIF y BNDB se unieron en un solo archivo csv.

5.2.3. Descarga de variables bioclimáticas

En la Tabla (3) se describen las variables bioclimáticas utilizadas de WorldClim, disponibles con una resolución espacial de ~ 1 km (Fick y Hijmans, 2017), de las cuales se excluyeron las variables Bio 08, Bio 09, Bio 18 y Bio 19, debido a que son variables compuestas y correlacionan la temperatura media y la precipitación para cada mes (Escobar et al., 2014).

Tabla 3.*Variables bioclimáticas de WorldClim*

Código	Variables bioclimáticas
BIO 1	Temperatura media anual
BIO 2	Rango temperatura diurnas
BIO 3	Isotermalidad (BIO2 / BIO7) (x 100)
BIO 4	Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar*100)
BIO 5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO 6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO 8	Temperatura media del trimestre más lluvioso
BIO 9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO 10	Temperatura del trimestre más cálido
BIO 11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO 12	Precipitación anual
BIO 13	Precipitación del mes más lluvioso
BIO 14	Precipitación del mes más seco
BIO 15	Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)
BIO 16	Precipitación del trimestre más lluvioso

BIO 17	Precipitación del trimestre más seco
BIO 18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO 19	Precipitación del trimestre más frío

Fuente: (Fick y Hijmans, 2017)

5.2.4. Filtrado de datos de ocurrencia

El filtrado de datos se realizó mediante el lenguaje de programación R (R core Team, 2021), la interfaz Gráfica de Usuario Rstudio (RStudio Team, 2020) y ArcGis en su versión 10.5 (ESRI, 2016). El proceso constó de tres fases, las cuales se describen a continuación.

- **Fase 1: Depuración de registros sin coordenadas, coordenadas duplicadas y coordenadas con variables de cero.**

Mediante RStudio se extrajeron las columnas que contenían información como: nombre científico de las especies, longitud y latitud de los registros de la BNDB y GBIF. Posteriormente, se eliminó aquellos registros que poseen coordenadas con valor de cero, coordenadas duplicadas y registros sin coordenadas.

- **Fase 2: Depuración de datos según el rango altitudinal**

En esta etapa previamente se realizó consultas bibliográficas y consultas a diferentes expertos botánicos de Ecuador (Anexo 2), con la finalidad de establecer un umbral altitudinal mínimo y máximos para cada una de las especies (Tabla 4). Además, se realizó la extracción de altitud de la capa de elevación de WorldClim (Fick y Hijmans, 2017).

Tabla 4.

Rangos altitudinales de las especies estudiadas

Nombre común	Nombre científico	Rango altitudinal seleccionado (m s.n.m)
Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	0 - 1700
Barbasco	<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacquin.	0 - 500
Pechiche	<i>Vitex gigantea</i> Kunth.	0 - 500
Ébano	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth.	0 - 500
Palo Santo	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana y Planch	0 - 1800
Guazimo,	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0 - 2000

Fuente: (Aguirre, 2012; Jorgensen y León 1999)

- **Fase 3: Análisis de heterogeneidad climática**

En esta fase, mediante la herramienta SDMtoolbox y con un análisis de componentes principales (PC), donde se eliminaron aquellos registros con autocorrelación espacial y climática (Brown, 2014). La configuración del análisis constó de: quince variables bioclimáticas, descargadas del portal web Worldclim, los registros de cada especie, tres zonas de heterogeneidad climática, con radios de búsqueda de 2 km como mínimo y 10 km como máximo.

5.2.5. Variables Last Glacial Maximun (LGM)

Las variables LGM se descargaron de la base de datos de WorldClim, las cuales fueron desarrolladas bajo el Modelo de sistema climático comunitario, con una resolución espacial de 2.5 minutos (Raster). Estas variables bioclimáticas se recortaron de acuerdo al polígono de la vertiente del Pacífico, en las cuales se excluyeron las variables bio 8, bio 9, bio 18 y bio 19.

5.2.6. Selección de variables

La selección de las variables bioclimáticas, se realizó mediante un recorte a las variables bioclimáticas de acuerdo al área de calibración que se obtuvo con el paso anterior para cada una de las especies seleccionadas. Posteriormente mediante un análisis de correlación ($r < 0.8$), contribución, permutación y una prueba “Jackknife” a través de RStudio mediante el paquete “ellipse” (Cobos et al., 2020) y “kuenm” (Cobos et al., 2019). Permitió determinar la contribución de cada variable al modelo de distribución.

5.2.7. Generación de modelos

Para la calibración y generación de los modelos de las especies se utilizaron diferentes valores de background para cada especie, en función del tamaño del área de calibración M, número y distribución espacial de los registros de presencia. De esta manera la configuración se realizó de la siguiente manera: *Piscidia carthagenensis*, *Vitex gigantea* se utilizaron 10 000 puntos, mientras que para *Myroxylon peruiferum*, *Ziziphus thyrsoiflora*, *Bursera graveolens*, *Guazuma ulmifolia* se utilizaron 5 000 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 ensamble de los mejores modelos candidatos se generó en función de los resultados calculados por KUENM, el cual considera la significancia estadística de ROC parcial, tasa de omisión $E = 5\%$ (Anderson et al., 2003) y complejidad del modelo Aikake (AICc)

Finalmente, mediante el uso del software SAGA GIS se aplicó un majority filter al área de adecuación, y seguidamente con la herramienta raster calculation del software QGIS se eliminó aquellos píxeles de adecuación que se encontraban fuera del rango altitudinal establecido de la especie.

5.2.8. Validación de modelos por especialistas

Los modelos generados fueron evaluados por especialistas botánicos de la Universidad Nacional de Loja. Cada evaluador contó con el material: Mapa de distribución de la especie.

Los especialistas analizaron cada uno de los modelos, donde sugirieron y opinaron acerca del rango altitudinal, además mencionaron si el modelo era o no el correcto, analizaron

y descartaron las zonas no aptas para la especie, mencionando si existía exactitud en el patrón espacial del modelo, basándose en la base de datos de trópicos en la que se menciona en donde se ha reportado la especie. Adicionalmente, se comparó los puntos de registros de presencia de cada especie con las capas de cobertura y uso de suelo del año 1990 al 2020, considerando el año que se tomó el registro y si en ese año correspondía a bosque nativo, para la obtención de mayor precisión del modelo.

5.2.9. Perfil bioclimático

Mediante el software QGIS con la herramienta *Raster values to points*, se determinó el perfil bioclimático para las especies, dicha herramienta permitió extraer valores de la una capa raster (Área de adecuación final de cada especie), en este caso los valores de elevación (m s.n.m.), temperatura media anual (°C) y precipitación anual (mm). Posteriormente, con RStudio se elaboró un box plot (diagrama de cajas), en los que se visualizaba los rangos del perfil bioclimático de cada especie.

5.3. Metodología para el segundo objetivo: Establecer las áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano afectadas por deforestación e incendios forestales.

5.3.1. Datos de deforestación e incendios forestales

Los datos de deforestación se obtuvieron de la plataforma **SUIA**, en donde se encuentra el acceso al Mapa Interactivo Ambiental del Ministerio del Ambiente de Ecuador para los períodos: 1990-2000, 2000-2008, 2008-2014, 2014-2016, 2016-2018 y 2018-2020 (MAE, 2015). Para los datos de incendios forestales se obtuvieron de la plataforma (datos de fuegos activos) de la NASA (https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active_fire/), respectivamente del período 2001-2023 (NASA, 2000). Esta recopilación de datos corresponde a quemas agrícolas, incendios forestales, entre otros, los cuales fueron captados por los sensores MODIS instalados en satélites Terra y Aqua.

5.3.2. Intersección de bosques con áreas de adecuación

Basándonos en las áreas de adecuación de las especies y el shape de la división político-administrativa de provincias de Ecuador (INEC, 2012), se elaboró el análisis en el que se descartó las provincias que no poseen registros de presencia de la especie, enfocándose en el área de adecuación generada para cada especie. Por medio del software QGIS se realizó los recortes de bosque nativo de los shape de Cobertura y Uso de Tierra (CUT) desde los años 1990-2000, 2000-2008, 2008-2014, 2014-2016, 2016-2018 y 2018-2020 (MAE, 2015), en relación a las áreas de adecuación de las especies.

5.3.3. Filtrado de datos de fuegos activos

Mediante RStudio, se eliminó todos los Fuegos Activos (FA) que se encontraban en un radio de 5 km del centroide de volcanes activos del Ecuador. Adicionalmente, se excluyeron los fuegos de baja confianza, es decir, aquellos que presentaron 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 de vegetación. Finalmente, se excluyeron los registros del año 2000 debido a que en este año no se cuenta con información disponible.

5.3.4. Determinación de fuegos activos en las áreas de distribución de las especies

Se inició con la agrupación de los fuegos activos según su período de ocurrencia (2000-2008, 2008-20014, 2014-2016, 2016-2018, 2018-2020, 2020-2023), seguidamente esta información fue interceptada con los bosques nativos de las áreas de adecuación de cada una de las especies. De igual manera, se calculó la frecuencia y densidad por km² de los FA presentes en los bosques nativos de las áreas de adecuación por especies, a nivel nacional y provincial.

Posteriormente, los registros totales de fuegos activos de cada especie para el período 2001-2023, se elaboró una serie temporal de frecuencia mensual, utilizando RStudio. Para la serie temporal, se aplicó un test Mann-Kendall (MK) del paquete “trend”, con la finalidad de determinar si la tendencia es positiva o negativa durante el período evaluado. Así mismo se aplicó, el test “Sen’s Slope” con un nivel de confianza del 95 %, del paquete antes mencionado, para determinar la magnitud de las tendencias positivas o negativas (Pohlert, 2023).

5.3.5. Análisis de la deforestación en las áreas de distribución de las especies

Por medio del software RStudio se determinó la superficie en (ha) de bosque nativo, con las áreas de adecuación de cada especie para cada uno de los años de evaluación 1990, 2000, 2008, 2014, 2016, 2018, 2020.

Posteriormente, se determinó la deforestación a nivel de provincias, mediante la intersección del bosque nativo con las áreas de adecuación de cada especie, y finalmente se realizó una resta, a partir del área de bosque nativo de dos períodos consecutivos.

6. Resultados

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

6.1.1. Filtrado de la base de registros de presencia de las especies

A continuación, en la Tabla (5) se registraron los datos descargados de las plataformas de GBIF, BNDB, además de datos de registros de presencia, consultados en el herbario “Reinaldo Espinoza”, de la Universidad Nacional de Loja, detallándose el número de registros de cada especie por cada uno de los filtros aplicados, de acuerdo al siguiente orden: Filtro 1) consiste en la depuración de registros con coordenadas cero, duplicadas y sin coordenadas, el Filtro 2) la depuración de aquellos registros con base en el rango altitudinal establecido, Filtro 3) aquellos registros depurados mediante el análisis de heterogeneidad climática.

Tabla 5.

Especies y número de registros utilizados para el modelamiento

Especie	Registros iniciales			Registros totales	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
	GBIF	BNDB	HRBLOJA				
<i>Myroxylon peruiferum</i>	10	9	-	19	11	7	7
<i>Piscidia carthagenensis</i>	57	221	12	280	112	45	12
<i>Vitex gigantea</i>	46	177	-	223	54	36	22
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>	65	81	6	148	76	55	29
<i>Bursera graveolens</i>	220	124	-	344	280	145	49
<i>Guazuma ulmifolia</i>	188	53	-	241	155	140	75

6.1.2. Estadísticas de calibración de los modelos

En la Tabla (6), se muestra el número de modelos que cumplieron con los criterios: de significancia estadística (Partial ROC), tasa de omisión (OR) y criterio de información de Akaike (AICc).

Tabla 6.

Resultado de los modelos de las especies evaluadas

Criterios	Especie					
	<i>Myroxylon peruiferum</i>	<i>Piscidia carthagenensis</i>	<i>Vitex gigantea</i>	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>	<i>Bursera graveolens</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Todos los modelos candidatos	784	2058	4851	784	2058	2058
Modelos estadísticamente significativos	717	1970	4844	784	2058	2058
Modelos que cumplen con los criterios de tasa de omisión	434	141	7	144	792	1879

Modelos que cumplen los criterios AICc	49	4	176	7	47	6
Modelos estadísticamente significativos que cumplen con los criterios de tasa de omisión	367	53	0	144	792	1879
Modelos estadísticamente significativos que cumplen los criterios AICc	49	4	176	7	47	6
Modelos estadísticamente significativos que cumplen con la tasa de omisión y los criterios AICc	40	1	0	2	34	6

Para la especie *Vitex gigantea* se generaron 4 851 modelos candidatos totales, mientras que para *Piscidia carthagenensis*, *Bursera graveolens*, *Guazuma ulmifolia* se generaron 2058 modelos candidatos, finalmente para *Myroxylon peruiferum* y *Ziziphus thyrsoiflora* se generaron 784 modelos candidatos.

Los modelos estadísticamente significativos que consiguieron pasar los diferentes filtros y que cumplieron los tres criterios de tasa de omisión y criterio AICc, fueron para *Myroxylon peruiferum* 40 modelos, *Bursera graveolens* 34 modelos, *Guazuma ulmifolia* seis modelos, *Ziziphus thyrsoiflora* dos modelos, *Piscidia carthagenensis* un modelo y para *Vitex gigantea* en la que ningún modelo cumplió con los criterios estadísticos.

6.1.3. Modelos seleccionados

La Tabla (7) presentan aquellos parámetros de los mejores modelos estadísticamente significativos, resultados de la combinación de seis valores de multiplicadores de regularización (0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4), cinco combinaciones de tres clases entidad lineal-cuadrático (lq), producto lineal (lp), cuadrático (q), producto cuadrático (qp) y producto lineal-cuadrático (lqp); y de igual manera la combinación de las variables bioclimáticas seleccionadas.

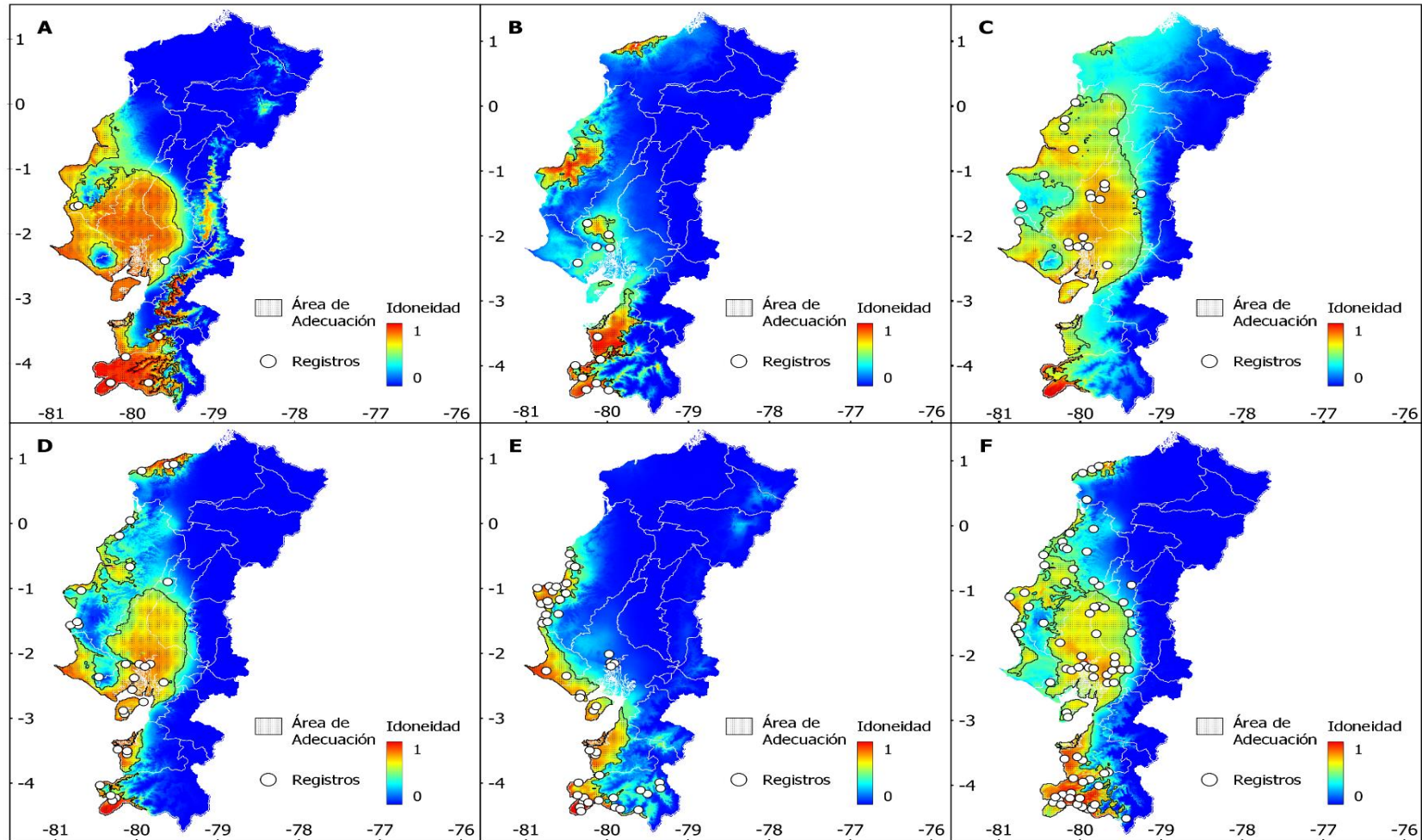
Tabla 7.
Parámetros de los modelos más significativos resultantes de la calibración

Especie	Multiplicador de regularización	Clases de características	Variables bioclimáticas
<i>Myroxylon peruiferum</i>	0,75; 1; 2; 0,25	p, lp, qp, lqp, q, lq	bio 02, 04, 05, 07, 12, 13
<i>Piscidia carthagenensis</i>	0,1	p	bio 02, 03, 10, 12, 15, 17
<i>Vitex gigantea</i>	0,1; 0,25; 3; 0,75; 0,5; 1	p, qp, lq, lqp, q, lp	bio 02, 04, 07, 11, 13, 15, 17
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>	0,1	qp, lqp	bio 04, 07, 10, 13, 17
<i>Bursera graveolens</i>	0,5; 0,25, 0,1; 0,75; 1; 2; 3	lq, lqp, lp,	bio 02, 04, 05, 07, 12, 13
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,1; 0,25; 0,5	p, lp, qp	bio 02, 04, 10, 12, 15, 17

6.1.4. Áreas de adecuación de las especies

Figura 12.

Modelo de distribución potencial de las especies: A) *Myroxylon peruiferum*, B) *Piscidia carthagenensis*, C) *Vitex gigantea*, D) *Ziziphus thyrsoiflora*, E) *Bursera graveolens* y F) *Guazuma ulmifolia*



En la Figura (12 A) se muestra la idoneidad de distribución de *Myroxylon peruiferum*, en la cual se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie (3 200 330 ha), en la cual se consideró valores de idoneidad superiores a 0,84. El rango de altitud utilizado para la especie está desde los 0 a 1 700 m s.n.m y las zonas con mayor idoneidad se sitúan en el flanco occidental de Ecuador y en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Santa Elena, Manabí y muy escasamente Azuay.

En la Figura (12 B) se muestra la idoneidad de distribución de *Piscidia carthagenensis*, en la cual se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie (1 048 776 ha), en la cual se consideró valores de idoneidad superiores a 0,99. El rango de altitud utilizado para la especie está desde los 0 m s.n.m a 600 m s.n.m y las zonas con mayor idoneidad se sitúan en el flanco occidental de Ecuador y en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Manabí.

En la Figura (12 C) se muestra la idoneidad de distribución de *Vitex gigantea*, en la cual se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie (4 022 207 ha) en la cual se consideró valores de idoneidad superiores a 0,99. El rango de altitud utilizado para la especie está desde los 0 m s.n.m a 500 m s.n.m y las zonas con mayor idoneidad se sitúan en el flanco occidental de Ecuador y en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Santa Elena, Manabí, Los Ríos y en menor proporción Cañar, Cotopaxi, Bolívar y Esmeraldas.

En la Figura (12 D) se muestra la idoneidad de distribución de *Ziziphus thyrsoiflora*, en la cual se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie (2 391 228 ha), en la cual se consideró aquellos valores de idoneidad superiores a 0,99. El rango de altitud utilizado para la especie está desde los 0 m s.n.m a 500 m s.n.m y las zonas con mayor idoneidad se sitúan en el flanco occidental de Ecuador y en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Santa Elena, Manabí y Los Ríos.

En la Figura (12 E) se muestra la idoneidad de distribución de *Bursera graveolens*, en la cual se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie (1 187 614 ha), en la cual se consideró valores de idoneidad superiores a 0,99. El rango de altitud utilizado para la especie está desde los 0 m s.n.m a 1 800 m s.n.m y las zonas con mayor idoneidad se sitúan en el flanco occidental de Ecuador y en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Santa Elena y Manabí.

En la Figura (12 F) se muestra la idoneidad de distribución de *Guazuma ulmifolia*, en la cual se encuentra el polígono del área de adecuación de la especie (3 047 442 ha), en la cual se consideró valores de idoneidad superiores a 0,99. El rango de altitud utilizado para la especie está desde los 0 m s.n.m a 2 000 m s.n.m y las zonas con mayor idoneidad se sitúan en el flanco occidental de Ecuador y en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Manabí, Los Ríos, y muy escasamente en las provincias de Esmeraldas y Santa Elena.

Tabla 8.

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

Nombre científico	Provincias	Ha	(%)
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Azuay	48 322	1,51
	El Oro	216 484	6,76
	Guayas	1 167 574	36,48
	Loja	523 973	16,37
	Los Ríos	278 219	8,69
	Manabí	665 176	20,78
	Santa Elena	300 582	9,39
<i>Piscidia carthagenensis</i>	Azuay	4 862	0,46
	El Oro	310 754	29,63
	Esmeraldas	77 063	7,35
	Guayas	138 894	13,24
	Loja	156 055	14,88
	Manabí	361 148	34,44
<i>Vitex gigantea</i>	Azuay	3 182	0,08
	Bolívar	14 571	0,36
	Cañar	25 573	0,64
	Cotopaxi	839	0,02
	El Oro	124 776	3,10
	Esmeraldas	85 354	2,12
	Guayas	1 370 462	34,07
	Loja	116 865	2,91
	Los Ríos	581 932	14,47
	Manabí	1 346 663	33,48
	Santa Elena	30 1423	7,49
	Santo Domingo de los Tsáchilas	6 268	0,16
	Zona No Delimitada	44 300	1,10
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>	El Oro	141 016	5,90
	Esmeraldas	123 260	5,15
	Guayas	1 143 549	47,82
	Loja	116 900	4,89
	Los Ríos	349 781	14,63
	Manabí	323 510	13,53
	Santa Elena	193 214	8,08
<i>Bursera graveolens</i>	Azuay	191	0,02
	El Oro	275 881	23,23
	Guayas	201 676	16,98
	Loja	225 976	19,03
	Manabí	247 356	20,83
	Santa Elena	236 534	19,92
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Cañar	1 623	0,05
	El Oro	252 214	8,28
	Esmeraldas	65 977	2,17
	Guayas	1 187 846	38,98

Loja	460 971	15,13
Los Ríos	331 608	10,88
Manabí	668 052	21,92
Santa Elena	79 151	2,60

6.1.5. Perfil bioclimático

En las Figuras (13, 14 y 15) se presentan los datos máximos, mínimos y medias de elevación, temperatura y precipitación de las áreas de adecuación de cada especie evaluada.

Figura 13.

Datos mínimos, máximos y medias de elevación por especie

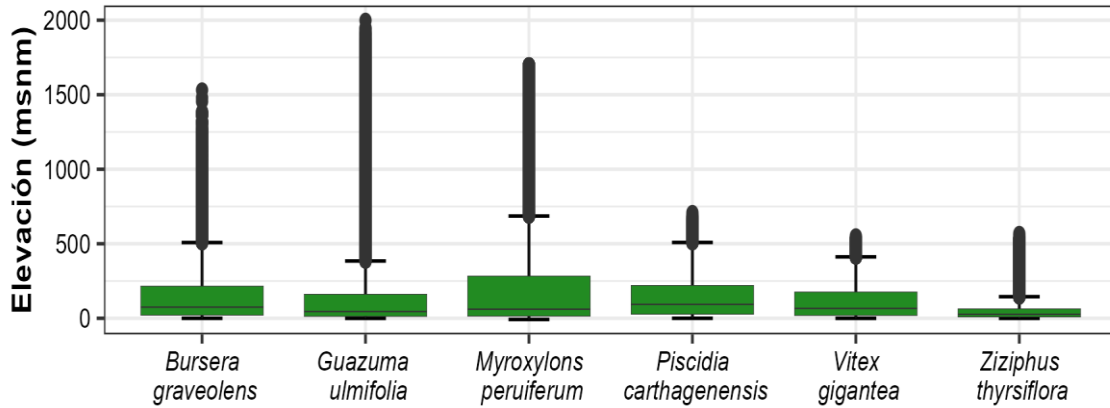


Figura 14.

Datos mínimos, máximos y medias de temperatura por especie

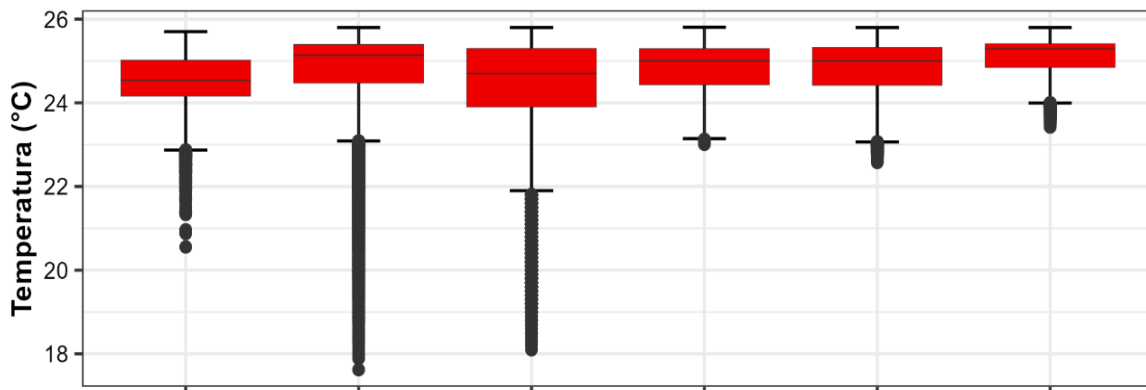
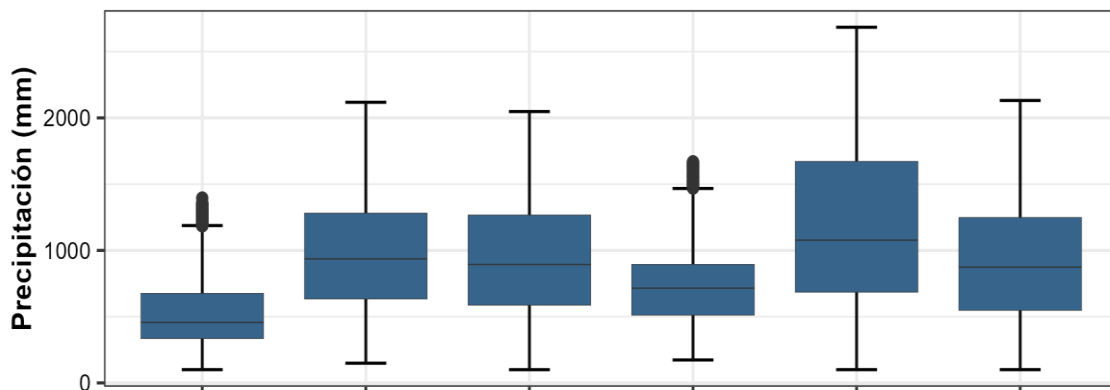


Figura 15.

Datos mínimos, máximos y medias de precipitación por especie



- **Perfil altitudinal de las especies**

Bursera graveolens presentó una adecuada idoneidad ambiental con un rango altitudinal de 0 a 1 535 m s.n.m. Para *Guazuma ulmifolia* la mayor idoneidad ambiental se establece en un rango altitudinal de 0 a 1 999 m s.n.m., *Myroxylon peruiferum* de 0 a 1 700 m s.n.m., *Piscidia carthagenensis* de 0 a 709 m s.n.m., *Vitex gigantea* de 0 a 552 m s.n.m., y *Ziziphus thyrsoiflora* de 0 a 568 m s.n.m. (Figura 13).

- **Perfil de temperatura de las especies**

Bursera graveolens presentó una idoneidad ambiental adecuada en temperaturas de 20.6 a 25,7 °C y una temperatura media de 24,5 °C, *Guazuma ulmifolia* presentó una idoneidad ambiental adecuada en temperaturas de 17,6 a 25,8 °C y una temperatura media de 25,1 °C; *Myroxylon peruiferum* presentó una idoneidad ambiental adecuada en temperaturas de 18,1 a 25,8 °C y una temperatura media de 24,7 °C; *Piscidia carthagenensis* presentó una idoneidad ambiental adecuada en temperaturas de 23 a 25,8 °C y una temperatura media de 24,7 °C; *Vitex gigantea* presentó una idoneidad ambiental adecuada en temperaturas de 22,6 a 25,8 °C y una temperatura media de 25 °C; y *Ziziphus thyrsoiflora* presentó una idoneidad ambiental adecuada en temperaturas de 23,4 a 25,8 °C y una temperatura media de 25,3 °C (Figura 14).

- **Perfil de precipitación de las especies**

Bursera graveolens presentó una idoneidad ambiental adecuada en intervalos de precipitación entre 100 a 1 394 mm y una precipitación media de 457 mm, *Guazuma ulmifolia* presentó una idoneidad ambiental adecuada en intervalos de precipitación entre 149 a 2 118 mm y una precipitación media de 936 mm, *Myroxylon peruiferum* presentó una idoneidad ambiental adecuada en intervalos de precipitación entre 1 100 a 2 048 mm y una precipitación media de 894 mm, *Piscidia carthagenensis* presentó una idoneidad ambiental adecuada en intervalos de precipitación entre 173 a 1 668 mm y una precipitación media de 715 mm, *Vitex gigantea* presentó una idoneidad ambiental adecuada en intervalos de precipitación entre 100 a 2 684 mm y una precipitación media de 1 078 mm, y *Ziziphus thyrsoiflora* presentó una idoneidad ambiental adecuada en intervalos de precipitación entre 100 a 2 132 mm y una precipitación media de 874 mm (Figura 15).

6.2. Áreas de adecuación ambiental de especies forestales del bosque seco ecuatoriano por deforestación e incendios forestales

6.2.1. Deforestación

6.2.1.1. Análisis de la deforestación en Ecuador en el período de 1990-2020

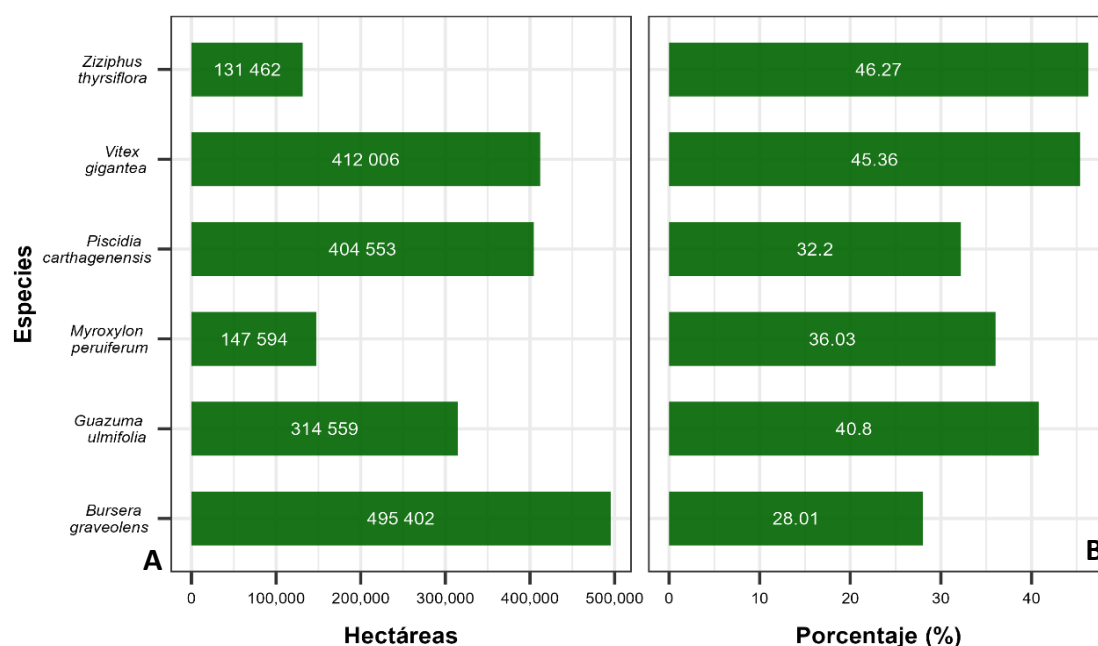
En la Figura (16 A) se muestran las especies que poseen una mayor área deforestada, las cuales son: *Bursera graveolens* con 495 402 ha, seguida de *Vitex gigantea* con 412 006 ha,

Piscidia carthagenensis también con 404 553 ha, *Guazuma ulmifolia* con 314 559 ha, *Myroxylon peruiferum* con 147 594 ha y *Ziziphus thyrsoiflora* con 131 462 ha.

Se consideró la relación de pérdida de bosque en aquellas áreas de adecuación de cada especie, obteniendo que las especies con una mayor pérdida de bosque fueron *Ziziphus thyrsoiflora* con 46,26 %; seguida de *Vitex gigantea* con 45,36 %; *Guazuma ulmifolia* con 40,8 %; *Myroxylon peruiferum* con 36,03 %; *Piscidia carthagenensis* con 32,2 % y *Bursera graveolens* con 28,01 % (Figura 16 B).

Figura 16.

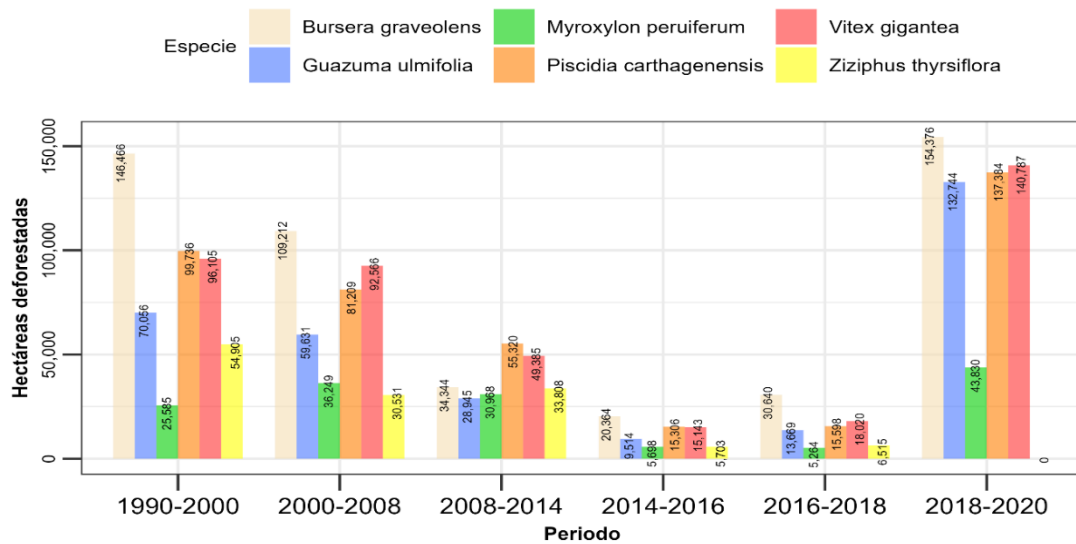
Análisis estadístico de la deforestación en el Ecuador en los períodos de 1990-2020. A) Hectáreas deforestadas en el área de adecuación de la especie, B) Porcentaje de cobertura boscosa pérdida con relación al área de adecuación de la especie



En la Figura (17) se muestra un resumen detallado de la superficie afectada por la deforestación en las áreas de adecuación de cada especie durante el período 1990 a 2020. Observándose que la mayor parte de la deforestación ocurrió entre el período del 2018-2020, seguido del período 1900-2000 y el período 2000-2008, en particular la especie *Bursera graveolens* con 154 376 ha (2018-2020) y 146 466 ha (2000-2008). A pesar de que se observa que en los períodos posteriores del 2000 y 2018, la tasa de deforestación disminuyó gradualmente hasta el año 2020.

Figura 17.

Deforestación por períodos en las áreas de adecuación de las especies



6.2.1.2. Análisis estadístico de la deforestación a nivel provincial en el período de 1990-2020

En la Figura 18 (A1) se presenta el análisis estadístico de deforestación a nivel provincial para la especie *Myroxylon peruiferum* en donde las provincias más afectadas fueron Guayas con 204 644 ha, Loja con 78 588 ha, El Oro con 50 481 ha y Manabí con 34 925 ha. Sin embargo, considerando el porcentaje, el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Los Ríos fue la más afectada con 99,51 %, seguida de Guayas con 58,48 %, El Oro con 57,2 % y Azuay con 37,65 % (Figura 18 A2).

El análisis estadístico de deforestación a nivel provincial para la especie *Piscidia carthagenensis* muestra que las provincias más afectadas fueron El Oro con 53 851 ha, Manabí con 26 061 ha, Loja con 20 163 ha y Guayas con 18 219 ha (Figura 18 B1). Sin embargo, considerando el porcentaje, el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Guayas fue la más afectada con 50,73 %, seguida de El Oro con 49,38 %, Esmeraldas con 39,22 % y Azuay con 26,51 % (Figura 18 B2).

El análisis estadístico de deforestación a nivel provincial para la especie *Vitex gigantea* en donde las provincias más afectadas fueron Guayas con 213 903 ha, Manabí con 145 532 ha, El Oro con 54 694 ha y Los Ríos con 29 304 ha, mientras Cotopaxi con -17 156 ha, el signo negativo representa una recuperación de las áreas de adecuación en dichas provincias para el período 1990-2020 (Figura 18 C1). Sin embargo, considerando el porcentaje, el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas fue la

más afectada con el 66,67 %, seguida de Bolívar con 65,85 ha, Los Ríos con 38,1 % y El Oro con 31,25 % (Figura 18 C2).

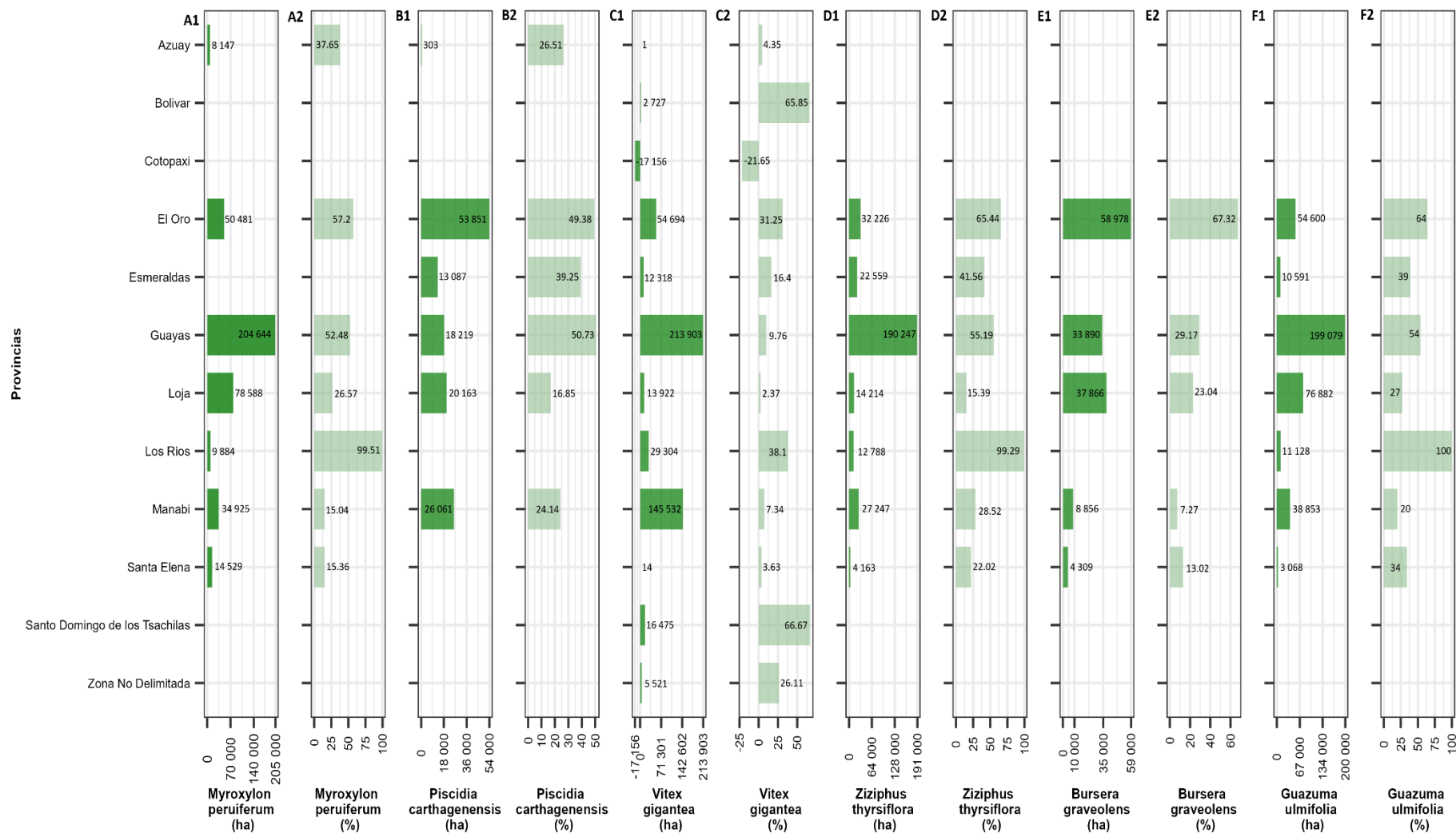
El análisis estadístico de deforestación a nivel provincial para la especie *Ziziphus thyrsoiflora* en donde las provincias más afectadas fueron Guayas con 190 247 ha, El Oro con 32 226 ha, Manabí con 27 247 ha y Esmeraldas con 22 559 ha (Figura 18 D1). Sin embargo, considerando el porcentaje, el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Los Ríos fue la más afectada con 99,29 %, seguida de El Oro con 65,44 %, Esmeraldas con 4,56 % y Manabí con 28,58 % (Figura 18 D2).

El análisis estadístico de deforestación a nivel provincial para la especie *Bursera graveolens* en donde las provincias más afectadas fueron El Oro con 58 978 ha, Loja con 37 866 ha, Guayas con 33 890 ha y Manabí con 8 856 ha (Figura 18 E1). Sin embargo, considerando el porcentaje el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de El Oro fue la más afectada con 67,32 %, seguida de Guayas con 29,17 %, Loja con 23,04 % y Santa Elena con 13,02 % (Figura 18 E2).

El análisis estadístico de deforestación a nivel provincial para la especie *Guazuma ulmifolia* en donde las provincias más afectadas fueron Guayas con 199 079 ha, Loja con 76 882 ha, El Oro con 54 600 ha y Manabí con 38 853 ha (Figura 18 F1). Sin embargo, considerando el porcentaje, el área de adecuación deforestada de la especie, la provincia de Los Ríos fue la más afectada con 100 %, seguida de El Oro con 64 % y Guayas con 54 % (Figura 18 F2).

Figura 18.

Análisis estadístico de la deforestación a nivel provincial por especie en el período de 1990-2020.



6.2.2. Incendios Forestales

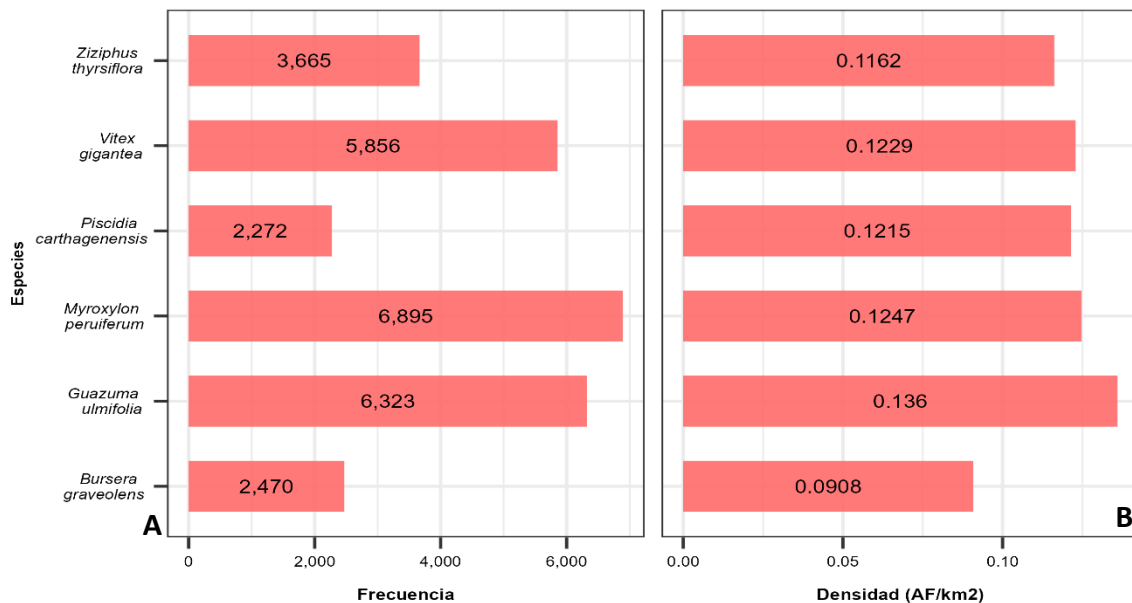
6.2.2.1. Análisis estadístico de fuegos activos en el período de 2001-2023

En la Figura (19 A) se muestra el análisis estadístico a nivel nacional de fuegos activos en el período 2001-2023 en las distintas áreas de adecuación de las especies. *Myroxylon peruiferum* es la especie que presentó la mayor frecuencia de fuegos activos con un valor de 6 895, seguida de *Guazuma ulmifolia* con 6 323, *Vitex gigantea* con 5 856 y *Ziziphus thyrsoiflora* con 3 665, las especies que indicaron una baja frecuencia de fuegos activos fueron *Bursera graveolens* con un valor de 2 470 y *Piscidia carthagenensis* con 2 272.

De igual manera, considerando la densidad de fuegos activos por km² (Figura 19 B) *Guazuma ulmifolia*, *Myroxylon peruiferum*, *Vitex gigantea*, *Piscidia carthagenensis* y *Ziziphus thyrsoiflora* fueron las más afectadas con valores de 0,136; 0,1247; 0,1229; 0,1215 y 0,1162 FA/km². La especie que presentó menor valor en comparación con las otras especies fue *Bursera graveolens* con 0,0908 FA/km².

Figura 19.

Análisis estadístico de fuegos activos en el Ecuador en el período 2001-2023. A) Frecuencia de fuegos activos por especie, B) Densidad de fuegos activos por especie



6.2.2.2. Descomposición de la serie temporal de fuegos activos en el período de 2001-2023

En la Figura (20 A1) se presenta el análisis estadístico de fuegos activos por provincias de la especie *Myroxylon peruiferum* en donde la provincia con mayor frecuencia es Guayas con 2 547, seguida de Loja con 1 996 y Manabí con 1 301 FA. Sin embargo, considerando la densidad de FA dentro del área de adecuación, la provincia más afectada es Los Ríos, Guayas y Loja con 0,1693; 0,1387; y 0,1345 FA/km² (Figura 20 A2).

En la Figura (20 B1) se presenta el análisis estadístico de fuegos activos por provincias de la especie *Piscidia carthagenensis* en donde la provincia con mayor frecuencia es Loja con 836, seguida de Manabí con 661 y El Oro con 245 FA. Sin embargo, considerando la densidad de FA dentro del área de adecuación, la provincia más afectada es Guayas, Loja y Manabí con 0,1554; 0,1281 y 0,1264 FA/km² (Figura 20 B2).

En la Figura (20 C1) se presenta el análisis estadístico de fuegos activos por provincias de la especie *Vitex gigantea* en donde la provincia con mayor frecuencia es Guayas con 2 539 y Manabí con 1 730 FA. Sin embargo, considerando la densidad de FA dentro del área de adecuación, la provincia más afectada es Los Ríos con 0,1394; seguida de Guayas con 0,1359 y Zona No Delimitada con 0,1323 FA/km² (Figura 20 C2).

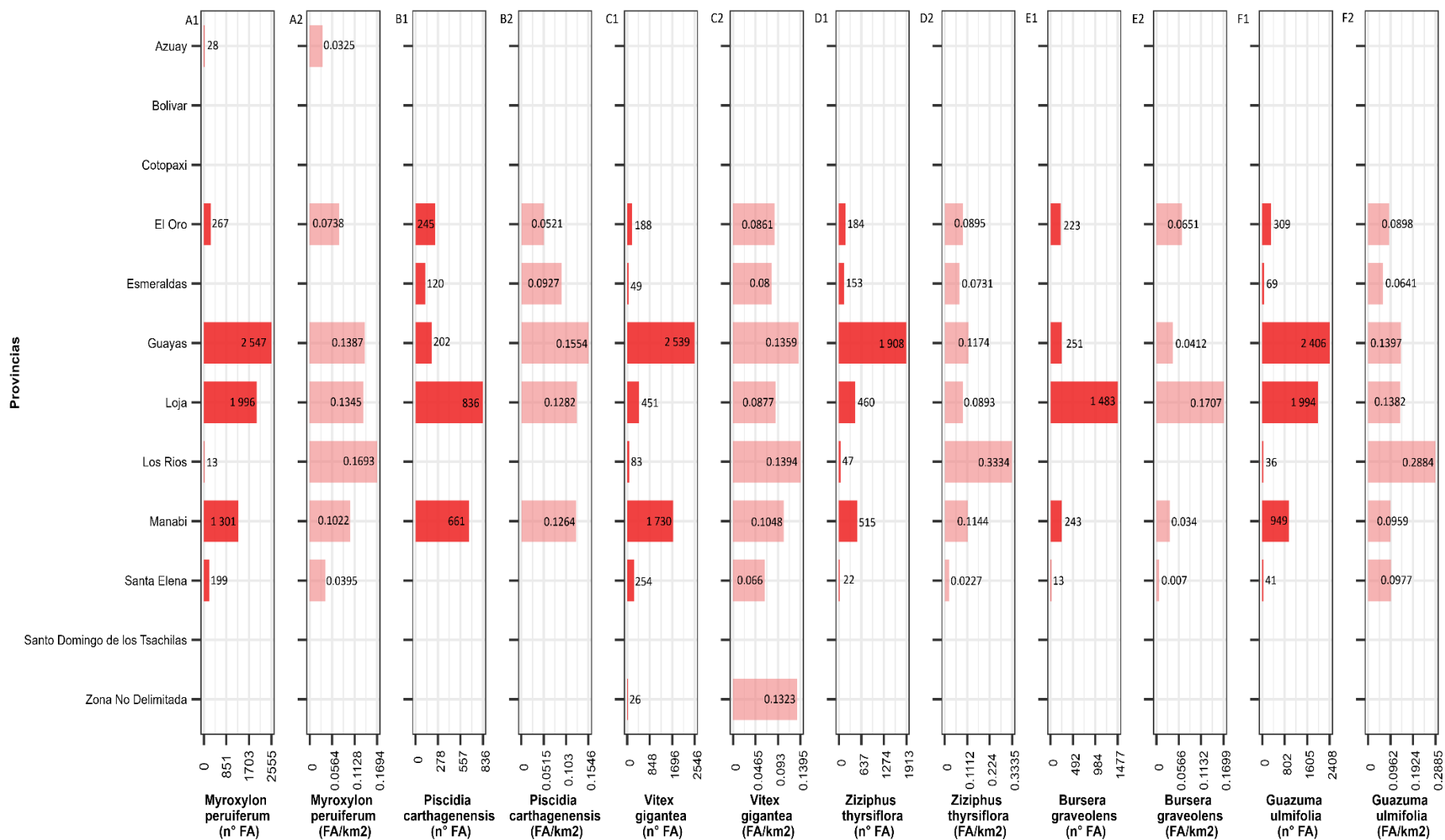
En la Figura (20 D1) se presenta el análisis estadístico de fuegos activos por provincias de la especie *Ziziphus thyrsoiflora* en donde la provincia con mayor frecuencia es Guayas con 1 908, Manabí con 515 y Loja con 460 FA. Sin embargo, considerando la densidad de FA dentro del área de adecuación, la provincia más afectada es Los Ríos con 0,3334; seguida de Guayas con 0,1174 y Manabí con 0,1144 FA/km² (Figura 20 D2).

En la Figura (20 E1) se presenta el análisis estadístico de fuegos activos por provincias de la especie *Bursera graveolens* en donde la provincia con mayor frecuencia Loja con 1 483, Guayas con 251 y Manabí con 243 FA. Sin embargo, considerando la densidad de FA dentro del área de adecuación, la provincia más afectada es Loja con 0,1707; seguida de El Oro con 0,0651 y Guayas con 0,0412 FA/km² (Figura 20 E2).

En la Figura (20 F1) se presenta el análisis estadístico de fuegos activos por provincias de la especie *Guazuma ulmifolia* en donde la provincia con mayor frecuencia es Guayas con 2 406, Loja con 1 994 y Manabí con 949 FA. Sin embargo, considerando la densidad de FA dentro del área de adecuación, la provincia más afectada es Los Ríos con 0,2884; seguida de Guayas con 0,1397 y Loja con 0,1382 FA/km² (Figura 20 F2).

Figura 20.

Análisis estadístico de fuegos activos a nivel provincial por especie en el período de 2001-2023.



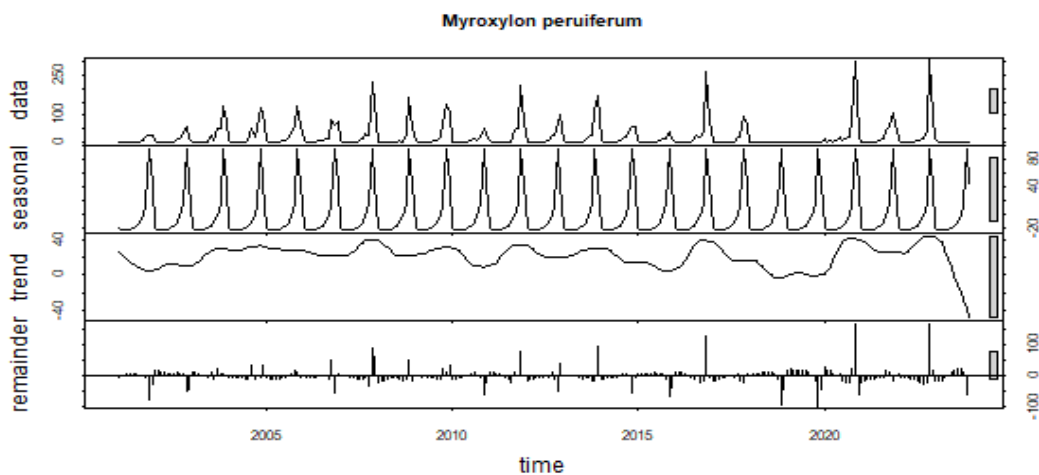
6.2.2.3.Descomposición de la serie de fuegos activos en el período 2001-2023

Myroxylon peruiferum mostró una mayor frecuencia de fuegos activos en el año 2020 con 239 FA, siendo el mes de noviembre el cual presentó una mayor frecuencia con 124 FA. El año con menor frecuencia fueron 2018 y 2019 con 0 FA cada uno, sin embargo, el año 2023 presentó una frecuencia de 1 FA en el mes de enero.

La serie temporal de fuegos activos para *Myroxylon peruiferum* presentó un patrón estacional (Figura 21). El test Mann-Kendall y Sen's Slope se determinó que la especie presenta una tendencia no significativa creciente, con un valor de Z igual a -1,67; un p-valor de 0,09 y una magnitud de 0 (Tabla 9).

Figura 21.

Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para Myroxylon peruiferum desde 2001 a 2023

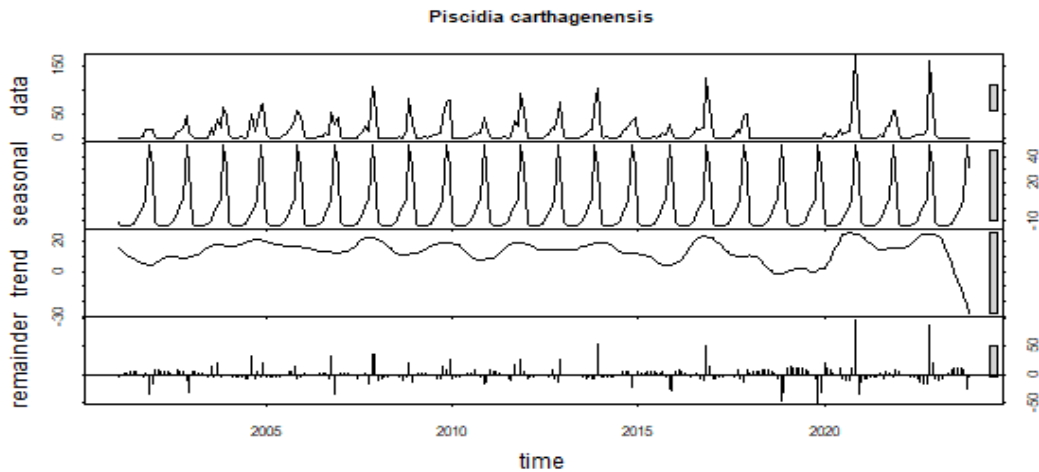


Piscidia carthagenensis mostró una mayor frecuencia de fuegos activos en el año 2020 con 525 FA, siendo el mes de noviembre el cual presentó una mayor frecuencia con 310 FA. El año 2023 presentó 4, específicamente en el mes de enero. El año con menor cantidad de fuegos activos fue 2018 y 2019 con 0 FA, mientras que el año 2023 presentó una frecuencia de 4 FA en el mes de enero (Figura 22).

La serie temporal de fuegos activos para *Piscidia carthagenensis* presentó un patrón estacional (Figura 22). El test Mann-Kendall y Sen's Slope se determinó que la especie presenta una tendencia no significativa decreciente, con un valor de Z igual a -1,68; un p-valor de 0,09 y una magnitud de 0 (Tabla 9).

Figura 22.

Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para Piscidia carthagenensis 2001 a 2023

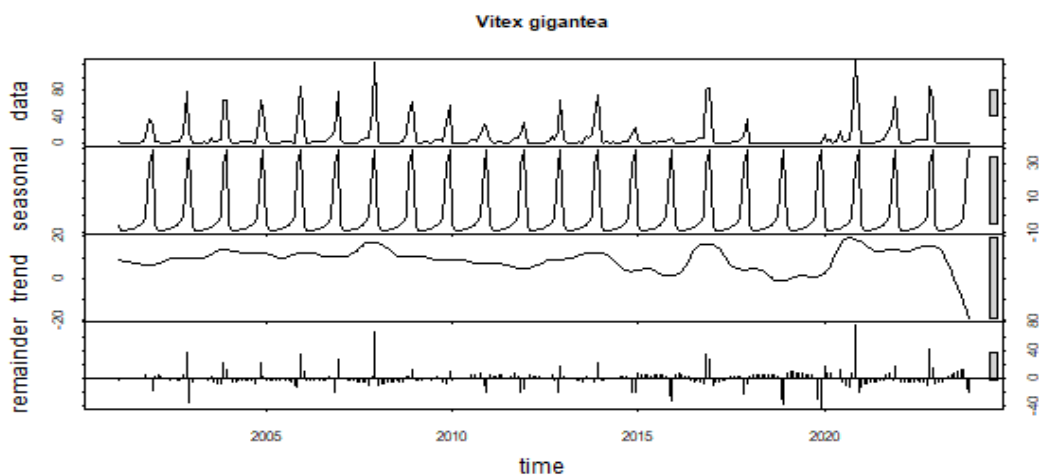


Vitex gigantea mostró una mayor frecuencia de fuegos activos en el año 2020 con 570 FA, siendo el mes de noviembre el cual presentó una mayor frecuencia con 350 FA. El año con menor cantidad de fuegos activos fueron 2018 y 2019 con 0 FA cada uno, mientras que el año 2023 presentó una frecuencia de 11 FA en el mes de enero (Figura 23).

La serie temporal de fuegos activos para *Vitex gigantea* presentó un patrón estacional (Figura 23). El test Mann-Kendall y Sen's Slope se determinó que la especie presenta una tendencia no significativa decreciente, con un valor de Z igual a -1,33; un p-valor de 0,18 y una magnitud de 0 (Tabla 9).

Figura 23.

Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para Vitex gigantea 2001 a 2023



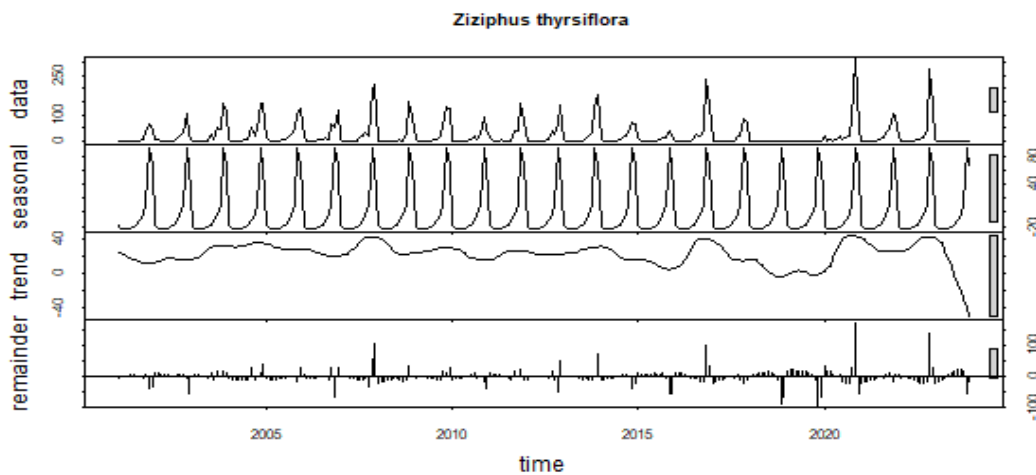
Ziziphus thrysiflora mostró una mayor frecuencia de fuegos activos en el año 2020 con 203 FA, siendo el mes de noviembre el cual presentó una mayor frecuencia con 124 FA. Los

años con menor cantidad de fuegos activos fueron 2018 y 2019 con 0 FA cada uno, mientras que el año 2023 presentó una frecuencia de 3 FA en el mes de enero (Figura 24).

La serie temporal de fuegos activos para *Ziziphus thyrsoiflora* presentó un patrón estacional (Figura 24). El test Mann-Kendall y Sen's Slope se determinó que la especie presenta una tendencia no significativa decreciente, con un valor de Z igual a -1,95; un p-valor de 0,05 y una magnitud de 0 (Tabla 9).

Figura 24.

Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para Ziziphus thyrsoiflora 2001 a 2023

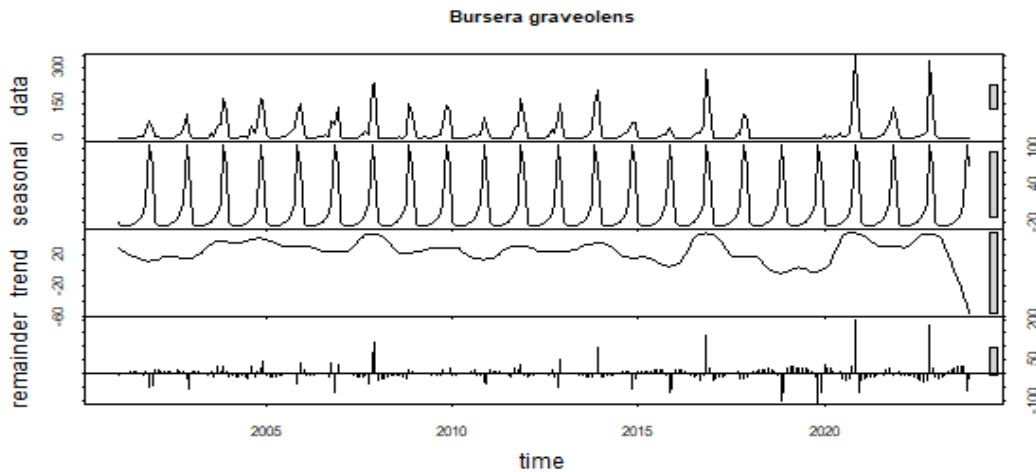


Bursera graveolens mostró mayor frecuencia de fuegos activos en el año 2022 con 489 FA, siendo el mes de noviembre el cual presentó una mayor frecuencia con 305 FA. El año con menor frecuencia de fuegos activos fueron 2018 y 2019 con 0 FA cada uno, mientras que el año 2023 presentó una frecuencia de 10 FA en el mes de enero (Figura 25).

La serie temporal de fuegos activos para *Bursera graveolens* presentó un patrón estacional (Figura 25). El test Mann-Kendall y Sen's Slope se determinó que la especie presenta una tendencia no significativa decreciente, con un valor de Z igual a -1,95; un p-valor de 0,05 y una magnitud de 0 (Tabla 9).

Figura 25.

Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para Bursera graveolens 2001 a 2023

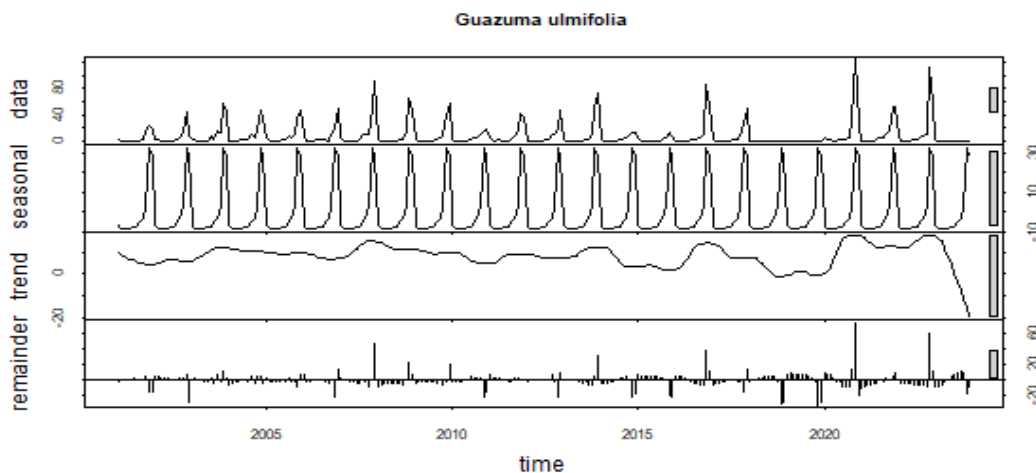


Guazuma ulmifolia mostró mayor frecuencia de fuegos activos en el año 2020 con 308, siendo el mes de noviembre el cual presentó 172 FA. Los años con menor frecuencia de fuegos activos fueron 2018 y 2019 con 0 FA, mientras que el año 2023 presentó una frecuencia de 5 FA en el mes de enero (Figura 26).

La serie temporal de fuegos activos para *Guazuma ulmifolia* presentó un patrón estacional (Figura 26). El test Mann-Kendall y Sen's Slope se determinó que la especie presenta una tendencia no significativa decreciente, con un valor de Z igual a -1,67; un p-valor de 0,09 y una magnitud de 0 (Tabla 9).

Figura 26.

Descomposición estacional y de tendencias de la serie temporal de fuegos activos para Guazuma ulmifolia 2001 a 2023



En la Tabla (9) se muestran los resultados obtenidos mediante las pruebas estadísticas Mann-Kendall, en las que se evaluó 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.

Tabla 9.

Pruebas estadísticas a las series temporales

Especies	Número de registros	Test Mann-Kendall	
		Valor z	p-valor
<i>Myroxylon peruiferum</i>	276	-1,67	0,09
<i>Piscidia carthagenensis</i>	276	-1,68	0,09
<i>Vitex gigantea</i>	276	-1,33	0,18
<i>Ziziphus thyrsoiflora</i>	276	-1,95	0,05
<i>Bursera graveolens</i>	276	-1,95	0,05
<i>Guazuma ulmifolia</i>	276	-1,67	0,09

7. Discusiones

7.1. Áreas de adecuación

De acuerdo a los resultados obtenidos para la especie *Myroxylon peruiferum* su área de adecuación está presente en la región litoral, en la zona sur, como en la zona central del mismo, evidencia científica indican que se encuentra presente en las provincias de Loja, El Oro, Guayas, Manabí y Los Ríos, teniendo como preferencia los bosques secos deciduos y bosques secos semideciduos. desarrollándose en rangos altitudinales de 0 a 500 m s.n.m., e incluso llegarse a extender hasta los 1 700 m s.n.m. (Aguirre et al., 2006; Jorgensen y León 1999), otro estudio realizado por Aguilar (2019) menciona que la especie se encuentra presente en los rangos altitudinales que van desde los 900 a 1 230 m s.n.m., así mismo los resultados obtenidos indican que la especie se desarrolla en los rangos altitudinales que van desde 0 hasta los 1 700 m s.n.m., en condiciones ambientales con una temperatura de 18,1 a 25,8 °C, con una temperatura media de 24,7 °C y una precipitación entre 1 100 a 2 048 mm.

Piscidia carthagenensis presenta una distribución en la región litoral, tanto para la parte sur, norte y central de la región, según la evidencia científica realizada por Jorgensen y León (1999) en la que menciona que la especie se distribuye en las provincias de El Oro, Guayas, Galápagos y Loja, con un rango de distribución de 0 a 500 m s.n.m., además según un estudio realizado por Mónica et al. (2006) menciona que la especie se encuentra presente en bosque seco deciduo y bosque seco semideciduo, en las provincias de El Oro, Loja, Guayas, Manabí, Esmeraldas y Los Ríos en un rango altitudinal que va desde 0 a 600 m s.n.m., mientras que los resultados obtenidos mostraron que la especie se desarrolla mejor en las zonas con rangos altitudinales desde 0 a 709 m s.n.m., con temperaturas de temperaturas de 23 a 25,8 °C y precipitaciones de 173 a 1 668 mm.

Los resultados para *Vitex gigantea* muestran que el área de distribución de la especie es extensa, abarcando la mayor parte de la zona central de la región litoral, corroborándose esta información con la investigación de Arroyo (2020) en la que menciona que la especie se distribuye en las provincias de El Oro, Guayas, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago y Napo, coincidiendo con la evidencia científica de Jorgensen y León (1999) la cual menciona que se distribuye en las provincias de El Oro, Guayas, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago y Napo, desarrollándose en un rango altitudinal que va desde 0 a 800 m s.n.m., en condiciones ambientales con una temperatura media de 23 a 27 °C, y una precipitación anual de 1 000 a 1 200 mm, mientras que los resultados obtenidos mostraron que la especie se adapta a zonas con rangos altitudinales de 0 a 552 m s.n.m., con datos climatológicos del área de adecuación la

especie se encuentra en zonas con temperaturas de 22,6 a 25,8 °C, precipitaciones anuales de 100 hasta los 2 684 mm.

Para *Ziziphus thyrsoiflora* el área de adecuación se muestra que la distribución de la especie se extiende en la región litoral, abarcando la zona sur, central y norte de la región, de acuerdo a evidencia científica menciona que la especie se desarrolla en las provincias de Esmeraldas, Guayas y Manabí, con un rango altitudinal desde 0 a 500 m s.n.m. (Aguirre, 2012; Jorgensen y León 1999), lo que coincide en la investigación realizada por Pinargote et al. (2019) en la que menciona que la especie se distribuye en la Región Tumbesina de la costa del Ecuador, en las provincias de Loja, El Oro, Guayas y Manabí, en un rango altitudinal que va desde los 0 a 500 m s.n.m., las condiciones ambientales que prefiere la especie para desarrollarse en base a los resultados son altitudes de 0 a 568 m s.n.m., con temperaturas entre 23,4 hasta 25,8 °C y con precipitaciones de 100 a 2 132 mm.

El área de adecuación de *Bursera graveolens* muestra que la distribución de la especie abarca una fracción mínima de la región litoral, destacándose la zona sur, central y norte de la región litoral, comprobándose con la investigación de (Aguirre, 2012; Jorgensen y León 1999) en la que se evidencia que la especie se distribuye en las provincias de Galápagos, Guayas, Imbabura, Loja y Manabí, en un rango de elevación que va desde los 0 hasta los 2 000 m s.n.m. Un estudio realizado por Eduarte et al. (2022) menciona que la especie también se encuentra presente en las provincias de Guayas, Imbabura, Manabí y Loja, siendo una especie que se desarrolla también en un rango altitudinal de 0 a 400 m s.n.m., prefiriendo lugares que son cuyas características sean planos, montañosos, y hondados (Pozo, 2021). Las condiciones ambientales aptas para su desarrollo con los resultados obtenidos se basan en un rango altitudinal desde los 0 a 1 535 m s.n.m, una temperatura de 20,6 a 25,7 °C y precipitaciones que van entre 100 a 1 394 mm.

Para *Guazuma ulmifolia* se observa un área de distribución muy amplia en la región Litoral, en la zona sur, central y una mínima fracción en la zona norte, lo que esta evidenciado científicamente la cual menciona que se distribuye en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Napo y Pastaza (Jorgensen y León, 1999). En cuanto a condiciones ambientales, evidencia científica indican que la especie se desarrolla en altitudes a nivel del mar, entre rangos altitudinales que van desde los 0 a 1200 m s.n.m., con temperaturas de 20 y 30 °C, y con una precipitación anual de 700 a 1 500 mm (Rodríguez et al., 2021), así mismo otro estudio indica que se desarrolla en altitudes de 1 100 a 1 350 m s.n.m., en un clima subhúmedo, con precipitaciones de 777 a 882 mm y una temperatura media de 30 °C (Cervantes y Sotelo, 2002). Coincidiendo con los resultados obtenidos en los que indican su

desarrollo a un rango altitudinal de 0 a 1 999 m s.n.m, temperaturas de 17,6 a 25,8 °C y precipitaciones entre 149 a 2 118 mm.

7.2. Deforestación

Según Sierra (2013) entre 1990 y 2008 se perdieron cerca de 19 000 km² de bosque natural en el país. Cerca del 70 % de la deforestación se dio en la década de 1990, con una deforestación anual neta promedio de 1 291,5 km². Mientras que la deforestación anual neta entre 2000 y 2008 fue de 753,9 km²; lo que representa una disminución del 42 % al período anterior. Así mismo un estudio realizado por Rivas et al. (2021) indican que los bosques secos estacionales, han experimentado una pérdida neta del 27 % desde 1990 hasta 2018, lo que significa una tasa de deforestación anual de -1,12 %.

Otro estudio realizado por Calderón y Reyes (2015) menciona que, según información del MAE, para el período 1990 - 2000 se talaron 992 742 ha/año, representado una tasa anual del -0,71 %, para el período 2000 - 2008 se talaron 77 748 ha/año, con una tasa de -0,58 %; y para el período 2008 - 2014 la tasa fue del -0,37 % como consecuencia de la tala de 47 497 ha/año. Así mismo se evidencia que cerca del 25 % que se tala corresponde a las provincias de Bolívar, Guayas, Orellana y Pastaza, mientras que el 50 % de tala corresponde a las provincias de Morona Santiago, El Oro, Esmeraldas y Sucumbíos.

La especie *Ziziphus thyrsoiflora* presentó el porcentaje más elevado de deforestación en cuanto a su área de adecuación con el 46,27 %; seguida de *Vitex gigantea* con el 45,36 % y *Guazuma ulmifolia* con 40,8 %. Así mismo a nivel provincial para *Ziziphus thyrsoiflora* las provincias más afectadas fueron Guayas, El Oro, Esmeraldas, para *Vitex gigantea* fueron Guayas, El Oro y Manabí; y para *Guazuma ulmifolia* fueron Guayas, Loja y El Oro.

De acuerdo a Mogrovejo (2017) indica que las provincias mayormente afectadas por la deforestación durante el período 2008 - 2014 fueron: Esmeraldas con una pérdida de 12 003 ha/año, Morona Santiago con 10 429 ha/año, Guayas con 8 740 ha/año, El Oro con 8 136 ha/año, Manabí con 6 159 ha/año, Loja con 5 777 ha/año. Según Rodríguez et al. (2015) Socio Bosque hasta 2014, registra 57 738,73 ha conservadas de bosque seco y 20 289,15 ha de bosque seco decíduo; lo que representan el 4,03 % y el 1,41 % respectivamente del total de 1 434 061,95 ha conservadas de bosque y otras formaciones vegetales en el territorio ecuatoriano.

7.3. Incendios

En base a los resultados obtenidos del análisis de fuegos activos en el Ecuador en el período 2001-2023, las especies que presentaron una frecuencia mayor de fuegos activos en sus áreas de adecuación fueron *Myroxylon peruiferum* (6 895 fuegos activos), *Guazuma ulmifolia* (6 323 fuegos activos) y *Vitex gigantea* (5 856 fuegos activos), mientras que las especies que

presentaron mayor densidad de fuegos activos fueron *Guazuma ulmifolia* (0,136 FA/km²), seguida de *Myroxylon peruiferum* (0,1247 FA/km²) y *Vitex gigantea* (0,1229 FA/km²).

De acuerdo a datos del MAE los incendios forestales quemaron un área de 21 570 ha en Ecuador en el año 2012. Siendo El Distrito Metropolitano de Quito el que mayor amenaza le representa los incendios forestales. Las provincias que reportaron un mayor número de incendios forestales fueron: Guayas con 138, Loja con 132, Santa Elena con 120, Manabí con 107 y Azuay con 98 eventos. Las provincias que se vieron mayormente afectadas fueron Pichincha con 2 250,6 ha; Loja con 1 762,6 ha; Azuay con 1 523,28 ha; Imbabura con 1 294 304 ha; Chimborazo con 1 087,15 ha; Santa Elena con 1 055,06 ha y Manabí reporto 64 ha afectadas por incendios forestales (Rodríguez et al., 2020; SGR, 2018).

Los incendios forestales en Ecuador ocurren en todas las regiones de Ecuador. Sin embargo, la Sierra soporta la mayor cantidad de eventos, debido a que esta región posee grandes extensiones de bosques de *Eucalyptus* introducidos (Anchaluisa y Suárez, 2013). En la costa y las Islas Galápagos los incendios ocurren en los meses de enero a mayo (Estacio y Narváez, 2012). De acuerdo al estudio realizado por Villacís et al. (2022) menciona en base datos obtenidos del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, indicando que el mayor número de incendios fue en 2018, afectando principalmente a las provincias de Pichincha 697 y Guayas 658 eventos; y la mayor de áreas afectadas fue Loja con 12 543,68 ha quemadas.

De acuerdo a un estudio realizado por Diaz (2021), menciona que los incendios tuvieron mayor incidencia en el año 2019 y 2020, produciendo mayormente en la región sierra en los meses de julio a septiembre debido a la falta de humedad, generando grandes pérdidas de vegetación, siendo afectadas reservas ecológicas o áreas protegidas, poniendo en peligro y sin hábitat a algunas especies.

En Ecuador los incendios, suelen presentarse en la época seca, constituyen las principales causas de degradación de ecosistemas, produciendo alteración de la flora y en la evaluación de ecosistemas (Diaz, 2021). De acuerdo con Figueroa (2021), los incendios forestales afectan a la diversidad biológica, además que son la principal causa de emisión de dióxido de carbono, influyendo en el cambio de biomasa a nivel regional y local, cambiando el ciclo hidrológico.

8. Conclusiones

La generación de áreas de adecuación para las especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco ecuatoriano, se constituye como una herramienta esencial para la toma de decisiones de las autoridades en relación con la gestión y conservación de las especies del bosque seco del país.

De las especies evaluadas *Myroxylon peruiferum*, *Piscidia carthagenensis*, *Ziziphus thyrsoiflora* y *Guazuma ulmifolia* presentan una amplia área de idoneidad, con una distribución predominante en las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí. Por otro lado, *Piscidia carthagenensis* y *Bursera graveolens* muestran una mayor distribución en las provincias de Loja y El Oro.

Durante el período 1990-2020, se determinó que las especies *Ziziphus thyrsoiflora*, *Vitex gigantea* y *Guazuma ulmifolia* experimentaron la mayor tasa de deforestación en las provincias de El Oro, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí y Santa Elena. Las principales causas de esta deforestación son actividades antrópicas, como la expansión agrícola, extracción de madera para construcción y uso industrial, la alimentación de ganado (en el caso de *Ziziphus thyrsoiflora*) y el uso medicinal de algunas de las especies como *Bursera graveolens* y *Myroxylon peruiferum*.

Según un análisis estadístico de la frecuencia y densidad de fuegos activos durante el período 2001-2023, las especies *Myroxylon peruiferum*, *Guazuma ulmifolia* y *Vitex gigantea* son las más afectadas por incendios forestales. En el año 2020 se registraron 2 324 focos de calor, con un pico en los meses de noviembre a diciembre, especialmente en las provincias de Guayas, Loja y Manabí.

Respecto al análisis de tendencia de fuegos activos en el período 2001-2023, utilizando el test de Mann-Kendall, indica que todas las especies presentan una tendencia negativa no significativa, ya que los valores obtenidos son mayores a -1,96

9. Recomendaciones

Mejorar la calidad de la información de los puntos de presencia de las plataformas de la BNDB y GBIF debido a que cuentan con errores en cuanto a la información geográfica, duplicidad de datos y datos incompletos.

Realizar un filtro de toda la información para evitar registros duplicados, incompletos, con correlación espacial, con correlación climática y fuera del rango altitudinal idóneo de la especie, para la generación de un modelo más óptimo para cada especie.

Ampliar la información de estos estudios para más especies forestales a nivel de Ecuador, especialmente las que están catalogadas como especies de aprovechamiento condicionado del bosque seco, con la finalidad de contribuir con información necesaria para programas de conservación, reforestación y cuidado de especies.

Analizar las áreas de distribución potencial y rangos altitudinales de las especies conjuntamente con especialistas botánicos, con el fin de evitar sesgar el modelo de distribución potencial.

10. Bibliografía

- Aguilar-Sandí, D. (2019). El árbol *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae), nuevo registro en la flora de Costa Rica. *UNED Research Journal*, 11(3), 424–429. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2722>
- Aguilar-Sandí, D., Solano-Quesada, G., Vargas-Ramírez, E., Monge-Vargas, A. A., Irías-Mata, A., y Barboza-Barquero, L. (2022). Observaciones fenológicas, características del aceite e isoterma de equilibrio de las semillas de *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae). *Agronomía Mesoamericana*. <https://doi.org/10.15517/am.v33iespecial.51499>
- Aguirre Calderón, O. A. (2015). *Forest management in the XXI Century*. 21, 17–28. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21nspe/v21nspea2.pdf>
- Aguirre Mendoza, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización*. MAE/FAO - Finlandia.
- Aguirre Mendoza, Z., y Geada-Lopez, G. (2017). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(1), 207–228. <https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.241.24107>
- Aguirre, Z., y Aguirre, L. A. (2021). Estado Actual e Importancia de los Productos Forestales No Maderables. *Bosque Latitud Cero*, 11, 71–82. <https://www.researchgate.net/publication/352783066>
- Aguirre, Z., Kvist, L. P., y Sanchez, O. (2006). *Flora of Tailand: Bosques secos en Ecuador y su diversidad*. <https://www.researchgate.net/publication/228362343>
- Aguirre, Z., Peters-Kvsit, L., y Sanchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 168–187. https://www.researchgate.net/publication/228362343_Bosques_secos_en_Ecuador_y_su_diversidad
- Aiello-Lammens, M. E., Boria, R. A., Radosavljevic, A., Vilela, B., y Anderson, R. P. (2015). spThin: An R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography*, 38(5), 541–545. <https://doi.org/10.1111/ecog.01132>
- Anchaluisa, S., y Suárez R., E. (2013). Efectos del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v5i2.134>

- Anderson, R. P., Lew, D., y Peterson, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. En *Ecological Modelling* (Vol. 162). <http://biodi.sdsc.edu/>;
- Arroyo, A. L. (2020). *Vitex gigantea kunth, "Pechiche". Caracterización morfológica, ecología y usos*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20317.64481>
- Banda, K., Esc, F., Dexter, K. G., y Prado, D. E. (2016). *Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications*. <http://science.sciencemag.org/>
- BNDB. (2022). *Inicio - Base de Datos Y Sistema de Biodiversidad del Ecuador (BNDB SISBIO)*. <https://bndb.sisbioecuador.bio/bndb/>
- Brígida Rodríguez-Guerrero, L., Jaime Sánchez-Moreira, B., y David Villarreal-de-La-Torre, B. (2015). *Dinámica de los servicios ambientales de los bosques secos deciduos del Ecuador Dynamic of Ecosystem Services of Dry Deciduous Forests of Ecuador* (Vol. 1, Número 1). <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexCienciasnaturales>
- Brown, J. L. (2014). SDMtoolbox: A python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(7), 694–700. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12200>
- Cabrera, O. (2021). *Evaluación de parámetros poblacionales y la regeneración natural de Bursera graveolens (kunth) Triana y Planch, en el sector Malvas, Cantón Zapotillo, Ecuador*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23994/1/Cesar%20Orlando%20Cabrera%20Guerrero.pdf>
- Calderon, M., y Reyes, C. (2015). Ecuador: Revisión a las principales características del Recurso Forestal y de la Deforestación. En *UPSE: Vol. III* (Número 1). Dic.
- Cervantes, M., y Sotelo, M. (2002). *Guías técnicas para la proparación sexual de 10 especies latifoliadas de selva baja caducifolia en el estado de Morelos*. <https://docplayer.es/75316591-Guias-tecnicas-para-la-propagacion-sexual-de-10-especies-latifoliadas-de-selva-baja-caducifolia-en-el-estado-de-morelos.html>
- Chavolla, J., y Delhotal, T. (2022). *Piscidia carthagenensis Jacq., Revolledo (World flora) - Pl@ntNet identify*. <https://identify.plantnet.org/es/k-world-flora/species/Piscidia%20carthagenensis%20Jacq./data>
- Cobos, M. E., Townsend Peterson, A., Barve, N., y Osorio-Olvera, L. (2019). Kuenm: An R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. *PeerJ*, 2019(2). <https://doi.org/10.7717/peerj.6281>

- Cobos, M., Olvera, L., Barve, V., y Berve, N. (2020). *Ellipsenm: Un paquete R para la caracterización de nichos ecológicos utilizando elipsoides (R package version 0.3.4)*. <https://github.com/marloncobos/ellipsenm>
- Cortés, C., y Fernández, E. (2013). *Guía para el buen manejo forestal* (S. a. de C. V. Laboratorios editorial, Ed.). USAID, MéxiCOREDD+. <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositorioidigital/files/original/79fda9095e9a81>
- Díaz, B. (2021). *Estudio de los incendios Forestales en el Ecuador*. <https://repositorio.umet.edu.ec/bitstream/67000/301/1/Diaz%20Ochoa%20Bella%20Belenn.%20Carrera%20%20Derecho.pdf>
- Dislich, R. (2024). *Observación de Guazuma ulmifolia*. <https://www.gbif.org/es/occurrence/4512121065>
- Eduarte Saltos, R., Bec, N., Salinas Rivera, M., Ramírez Robles, J., Larroque, C., y Armijos, C. (2022). Chemical composition and AChE-BuChE activities of the essential oil of palo santo *Bursera graveolens* (Kunth) Triana y Planch from Jipijapa, Ecuador. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 21(4), 455–463. <https://doi.org/10.37360/blacpma.22.21.4.28>
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., Lehmann, A., Li, J., G. Lohmann, L., A. Loiselle, B., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., McC. M. Overton, J., Townsend Peterson, A., ... E. Zimmermann, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129–151. <https://doi.org/10.1111/J.2006.0906-7590.04596.X>
- Escobar, L. E., Lira-Noriega, A., Medina-Vogel, G., y Townsend Peterson, 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. <https://doi.org/10.4081/gh.2014.19>
- ESRI. (2016). *ArcGIS Desktop: ArcMap (10.5) [Software]*. <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>
- Estacio, J., y Narváez, N. (2012). Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ): Conocimiento e intervención pública del riesgo. *Revista Letras Verdes*, 27–52. www.flacsoandes.org/letrasverdes
- Fabián, E., y Aluisa, S. (2010). *Realizar una aproximación dendroclimatológica, en un bosque seco utilizando la especie Guasmo (Guazuma ulmifolia) y su relación con la Precipitación y Temperatura en el Período 1974-2007*.

- <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/31607/1/D-CD90074%20Suntaxi.pdf>
- FAO, y PNUMA. (2020). *El estado de los bosques 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Ferrier, S., Guisan, A., Ferrier, S., y Guisan, A. (2006). Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology*, 43(3), 393–404. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2006.01149.X>
- Fick, S. E., y Hijmans, R. J. (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>
- Figueroa, G. (2021). *Evolución de la normativa penal que regula las conductas vinculadas a incendios forestales y de vegetación en el Ecuador, año 2020*. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7641/1/UPSE-TDR-2022-0014.pdf>
- GBIF. (2022). *Global Biodiversity Information Facility*. <https://www.gbif.org/>
- Gras-Rodríguez, R., Ramos-Rodríguez, M. P., Medranda-Mendieta, J. A., Manrique-Toala, T. O., y Estévez-Valdés, I. (2020). Comportamiento histórico de los incendios forestales en el Cantón Rocafuerte, provincia Manabí, Ecuador, en el periodo 2016 – 2019. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(41), 37–46. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v17i41.5282>
- Guerrón, M., Orellana, Á., Loor, A., y Zambrano, J. (2005). Studies in the protected dry forest Jerusalem. *Lyonia*, 8. https://www.lyonia.org/articles/rbussmann/article_399/pdf/articleBody.pdf
- Guisan, A., y Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. En *Ecological Modelling* (Vol. 135). www.elsevier.com/locate/ecolmodel
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22(0), 415–427. <https://doi.org/10.1101/sqb.1957.022.01.039>
- INEC. (2012). *División Político-Administrativa 2012 [Shape]*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Cartografia/2015/Clasificador_Geografico/2012/SHP.zip
- Jorgensen, P., y León, S. (1999). *Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador*. <https://archive.org/details/mobot31753002742143/page/1037/mode/1up>

- Klitgard, B., Lozano, P., Aguirre, Z., Aguirre, N., Merino, B., Delgado, T., y Elizalde, F. (1999). *Composicion Floristica y Estructural del Bosque Petrificado de Puyango*. <https://www.researchgate.net/publication/283546366>
- Limongi, R., Guiracocha, G., y Nieto, E. (2012). *Bálsamo Myroxylon spp Especie de uso multiple del bosque seco del Ecuador*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2061/1/iniaplsbt152.pdf>
- Linares-Palomino, R., Kvist, L. P., Aguirre-Mendoza, Z., y Gonzales-Inca, C. (2010). Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*, 19(1), 169–185. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9713-4>
- López, M. (2007). *Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental*. Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.
- Machado-Stredel, F., Marlon Cobos, y A. Townsend Peterson. (2021). *GitHub - fmachados/grinnell: Simulaciones de dispersión basadas en nichos ecológicos*. <https://github.com/fmachados/grinnell>
- MAE. (2007). *Normas para el manejo forestal sustentable de Bosque Seco Registro Oficial # 157*.
- MAE. (2015). *Mapa Interactivo Ambiental. Sistema Único de Información Ambiental – SUIA*. <http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>
- Makoto, M. (2023). *Myroxylon peruiferum L.f. (World flora) - Pl@ntNet identify*. <https://identify.plantnet.org/es/k-world-flora/species/Myroxylon%20peruiferum%20L.f./data>
- Manzano, P. (2009). “*Potencial fitofármaco de Bursera graveolens sp (palo santo), del bosque seco tropical, península de Santa Elena, provincia de las Guayas*”. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/4729/7252.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maquilón, P.-L. (2023). *Sarcomphalus thyrsoflorus desde Colonche, Ecuador*. iNaturalist Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/observations/150273817>
- Marleny, L., Barrera, C., Camargo, J. R., Pinzon, J. R., y Asesor, J. (2006). *Estudio fitoquímico de hojas y corteza de Bursera graveolens*.
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., y Muñoz, y J. (2011). Species distributions models: A synthetic revision. En *Revista Chilena de Historia Natural* (Vol. 84). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000200008

- Mogrovejo, P. (2017). *Bosques y cambio climático en Ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático*. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5862/1/T2432-MCCNA-Mogrovejo-Bosques.pdf>
- Mónica, M. R., Øllgaard, B., Kvist, L. P., Borchsenius, F., y Balslev, H. (2006). *Botánica Económica de los Andes Centrales*.
- Montaño, L., y Roa, J. (2012). *Estado actual de conservación de los bosques secos pluviestacionales del suroccidente de la provincia de Loja* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5336/1/ESTADO%20ACTUAL%20DE%20CONSERVACION%20DE%20LOS%20BOSQUES%20SECOS.pdf>
- Moreira, N. M., y Fabara Suárez, M. (2022). *Árboles del Bosque Seco del Parque Histórico Guayaquil*.
- Moreira, N. M., Morán del Pozo, N., y Fabara Suárez, M. (2022). *Árboles del Bosque Seco del Parque Histórico Guayaquil* (F. Espinoza, Ed.; Primera).
- Mota-Vargas, C., Luévano, A. E., Ortega-Andrade, H. M., y Prieto-Torres, D. A. (2019). *Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico*. <https://www.researchgate.net/publication/339181920>
- NASA. (2000). *Active Fire Data*. https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active_fire/
- Pacheco, E., y Torres, S. (2007). *Determinación de la producción y evaluación de la capacidad de brote de ocho especies vegetales en el área de influencia de la comunidad “Cabeza de Toro” en la Reserva Natural Tumbesina La Ceiba*.
- Padilla, N. A., Alvarado, J., y Granda, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/499/394>
- Paladines, R. (2003). Propuesta de conservación del Bosque seco en el Sur de Ecuador. *Lyonia*, 183–186. [https://www.lyonia.org/Archives/Lyonia%204\(2\)%202003\(103-230\)/Paladines%20P.,%20R.%203B%20Lyonia%204\(2\)%202003\(183-186\).pdf](https://www.lyonia.org/Archives/Lyonia%204(2)%202003(103-230)/Paladines%20P.,%20R.%203B%20Lyonia%204(2)%202003(183-186).pdf)
- Peterson, A., Cobos, M., Osorio-Olvera, L., y Barve, N. (2018). *Example datasets for: ku.enm, a dynamic R package for detailed calibration and construction of ecological niche models in Maxent*. <https://doi.org/10.17161/1808.26376>
- Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., y Arya, S. P. (2006). Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

- Pinargote, J. de los S., Quiñonez, K., Mero, O., Ramos, M., y Cabrera, C. (2019). Desarrollo inicial en plantaciones de *Ziziphus thyrsoiflora* Benth, *Geoffroea spinosa* Jacq y *Handroanthus chrysanthus* Jacq. en Jipijapa, Manabí, Ecuador. *UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria*.
- Pionce-Andrade, G. A., Suatunce-Cunuhay, J., Pionce-Andrade, V., y Gabriel-Ortega, J. (2018). Inventariación de los productos forestales no maderables (PFNM) de un bosque semi-húmedo del Sur de Manabí, Ecuador. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 9(2), 80–95. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000200004&lng=es&synrm=1&isoyt=es
- Pohlert, T. (2023). *Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection*.
- Pozo, K. (2021). *Composición, estructura y diversidad florística del Bosque Seco en la comuna Aguadita-San Marcos, de la provincia de Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- R core Team. (2021). *R: The R Project for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>
- Ramírez, V. (2019). *La resiliencia del bosque seco tropical: un seguro de vida para su conservación*. <https://www.researchgate.net/publication/330956173>
- Rasal Sánchez, M., Troncos Castro, J., Lizano Durán, C., Parihuamán Granda, O., Quevedo Calle, D., Rojas Idrogo, C., y Delgado Paredes, G. E. (2011). Características edáficas y composición florística del bosque estacionalmente seco la menta y timbes, Región Piura, Perú. Edaphic characteristics and floristic composition of the seasonally dry forest la menta and timbes, Piura Region, Peru. *Ecología Aplicada*, 10(2), 2002–5474.
- Ripley, R. (2011). *Aceitilla desde Zapotillo, Ecuador*. <https://ecuador.inaturalist.org/observations/35714020>
- Rivas, C. A., Guerrero-Casado, J., y Navarro-Cerillo, R. M. (2021). Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: impact on conservation. *Forest Ecosystem*. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00329-5>
- Rivas, C. A., Navarro-Cerillo, R. M., Johnston, J. C., y Guerrero-Casado, J. (2020). Dry forest is more threatened but less protected than evergreen forest in Ecuador's coastal region. *Environmental Conservation*, 47(2), 79–83. <https://doi.org/10.1017/S0376892920000077>
- Rodríguez-Trejo, A., Birrueta, A., Madlonado, R., y Uribe, M. (2021). *Semillas de especies forestales*. <https://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/SemillasdeEspeciesForestales.pdf>
- RStudio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development for R (2022.07.2+576) [Software]*. <https://hablamosr.blogspot.com/2020/10/instalar-rstudio-windows10.html>

- SGR. (2018). “Informe de Situación - Incendios Forestales a nivel nacional 2018”. Informe No. 5. Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos. En 2018.
- Sierra, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. En *Ecociencia*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Sierra-6/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental/links/546a6c760cf20dedafd38870/Propuesta-Preliminar-de-un-Sistema-de-Clasificacion-de-Vegetacion-para-el-Ecuador-Continental.pdf
- Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años*. www.forest-trends.org
- Silva, A., y Berovides, V. (1989). Acerca del concepto de nicho ecológico. *Ciencias Biológicas*, 8, 95–103. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/2938>
- Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2020). *Informe de Situación - Incendios Forestales*. https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/11/Informe-de-Situacion-No-005-Incendios-Forestales-08112020_17h00.pdf
- Soberón, J., Osorio-Olvera, L., y Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 437–441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>
- Soberón, J., y Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species’ distributional areas. En *Biodiversity Informatics* (Vol. 2).
- Stevens, G. C. (1992). The elevational gradient in altitudinal range: an extension of rapoport’s latitudinal rule to altitude. En *Am. Nat* (Vol. 140, Número 6). <http://www.journals.uchicago.edu/t-and-c>
- UICN. (2023). *Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN*. <https://www.iucnredlist.org/es>
- Vázquez, M. A., Berenschot, L., Crespo, A., Cueva, E., López, F., Posrma, T., Quishpe, W., y Solórzano, V. (2001). *Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. EcoCiencia.
- Villacís Guamán, F., Mauricio Lizano Espín, K., Elías Toapanta Jaya, -Juan, y Ángel Chango Taraguay, -Miguel. (2022). *Los Incendios Forestales y su Prevención en el Ecuador*. <https://www.itscs-cicc.com/ojs/index.php/inndev/article/view/32/1>

Zunino, M. (2000). El concepto de Área de Distribución: Algunas reflexiones teóricas. Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000. *Monografías Tercer Milenio*, 1, 79–85.
<http://entomologia.rediris.es/pribes2000>

11. Anexos

Anexo 1. Script para la descarga de paquetes y datos 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("marloncobos/kuenm", force = T)
devtools::install_github("marloncobos/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://biogeو.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

#RECORTAR 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://biogeo.ucdavis.edu/data/climate/cmip5/lgm/cclgmbi\_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/cclgmbi_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/cclgmbi_2-5m", "cclgmbi_2-
5m.zip"))) {
    download.file(link_bio_lgm, destfile =
file.path("3_raster/download/cclgmbi_2-5m",
"cclgmbi_2-5m.zip"))
    unzip(file.path("3_raster/download/cclgmbi_2-5m", "cclgmbi_2-5m.zip"),
exdir = "3_raster/download/cclgmbi_2-5m")
    bioclim_lgm <- raster::stack(list.files(path =
"3_raster/download/cclgmbi_2-5m",
pattern = ".tif$",
full.names = TRUE))[[10, 11,
18, 19]]
  }
}

#CAMBIAR NOMBRES

```

```

names(bioclím_lgm) <- names_bioclím_des

#RECORTE SEGUN EXTENT
bioclím_lgm_crop <- mask(crop(bioclím_lgm, vertBuffer_05min_4326),
vertBuffer_05min_4326)
names(bioclím_lgm_crop) <- names_bioclím_des

#PROYECCION
projection(bioclím_lgm_crop) <- CRS("+init=epsg:4326")

#PLOT
plot(bioclím_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(bioclím_lgm_crop), ".asc")

#GUARDAR BIOCLIMAS
wr <- lapply(1:nlayers(bioclím_lgm_crop), function(x) {
  raster::writeRaster(bioclím_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 <- "Myroxylon" # Seleccionar genero
species <- "peruiferum" # Seleccionar especie
nm_sp <- "Myr_per" # 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 <- 1700 # 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', 'longitude', 'latitude'))
df2 <- setnames(df2, old = c("scientificName",
'decimalLongitude', 'decimalLatitude'),
              new = c('species', 'longitude', 'latitude'))

df1 <- df1[, c('species', 'longitude', 'latitude')]
df2 <- df2[, c('species', 'longitude', 'latitude')]

#UNIR DATASETS
df_merge <- rbind(df1, df2)

#NOMBRE ESPECIE
df_merge$species <- name_sp

#PLOT
plot(st_geometry(vertiente), 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$longitude) y !is.na(occ$latitude), ]

#EXCLUIR DUPLICADOS
occ_1$code <- paste(occ_1$species, occ_1$longitude,
occ_1$latitude, sep = "_")
occ_2 <- occ_1[!duplicated(occ_1$code), 1:4]

#EXCLUIR VALORES DE CERO
occ_3 <- occ_2[occ_2$longitude != 0 y occ_2$latitude != 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", "longitude", "latitude", "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$RASTERVALU <- NULL
occ_het$alt <- 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

```



```

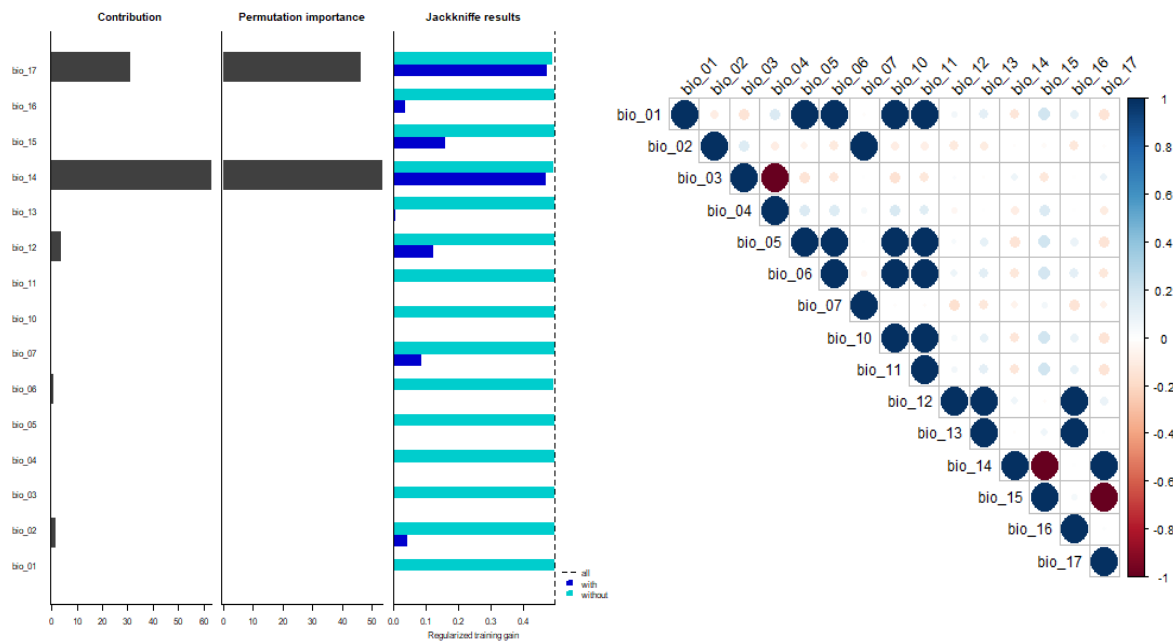
vars_select <- data.frame("name_bioclim" = c("bio_02", "bio_04", "bio_07",
                                             "bio_11", "bio_13", "bio_15",
                                             "bio_17"),
                          "order_bioclim" = c(2, 4, 7, 11-2, 13-2, 15-2,
                                              17-2))

#GUARDAR CSV
write.csv(vars_select, paste0("6_calibracion/", nm_sp,
                              dis_het, "_", vertname, "/var_select.csv"),
          row.names = F)

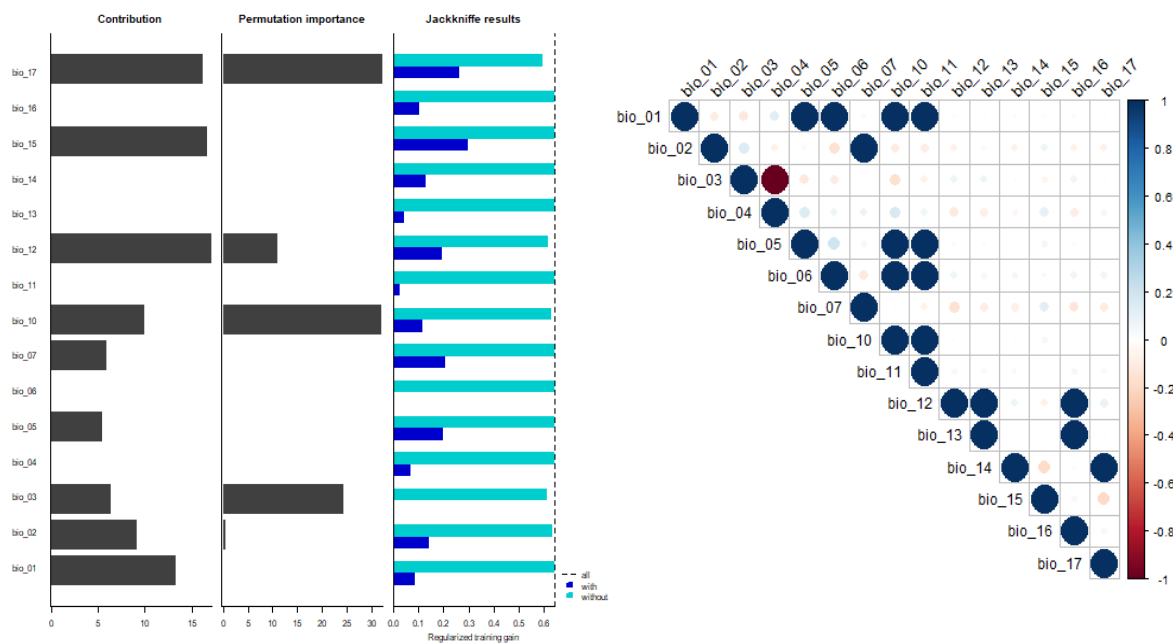
```

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

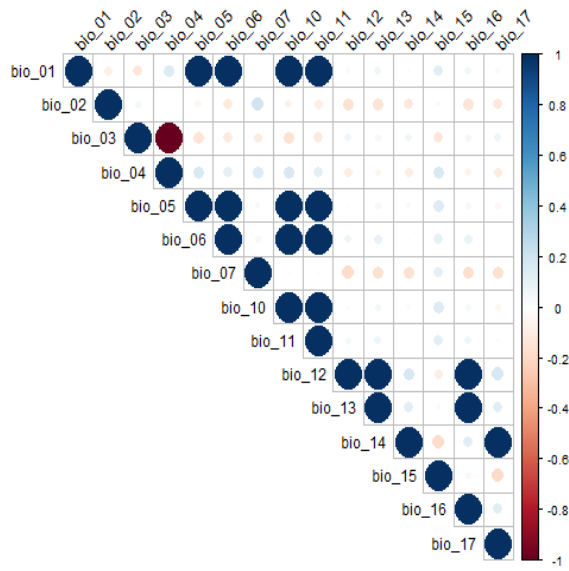
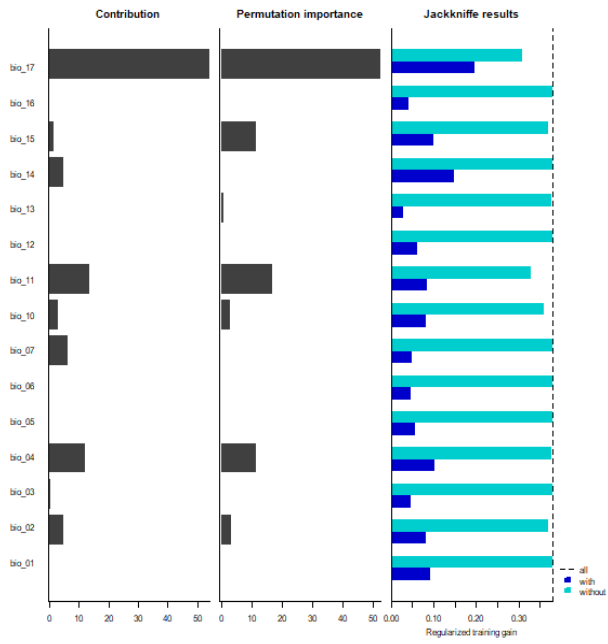
• *Myroxylon peruiferum*



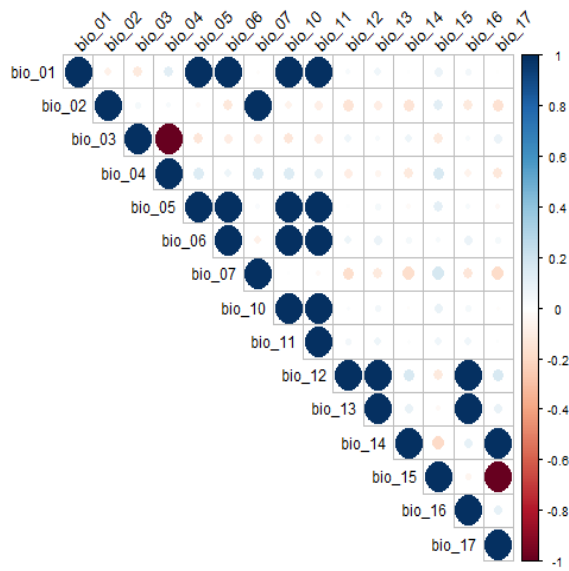
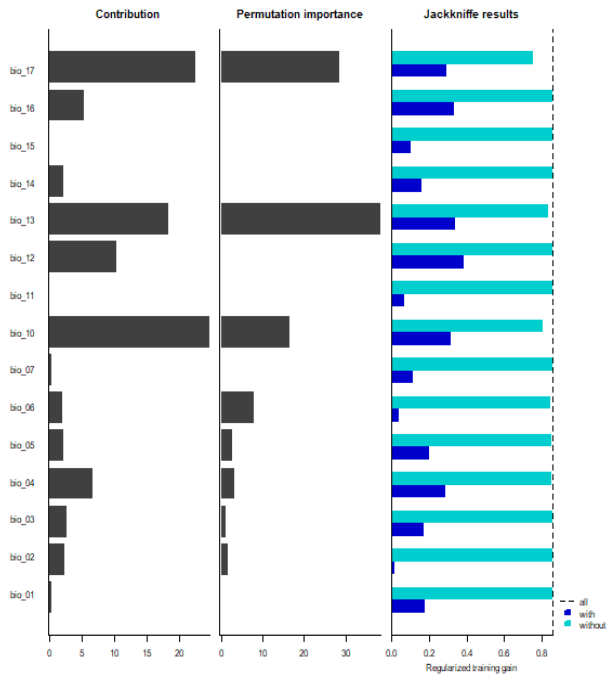
• *Piscidia carthagenensis*



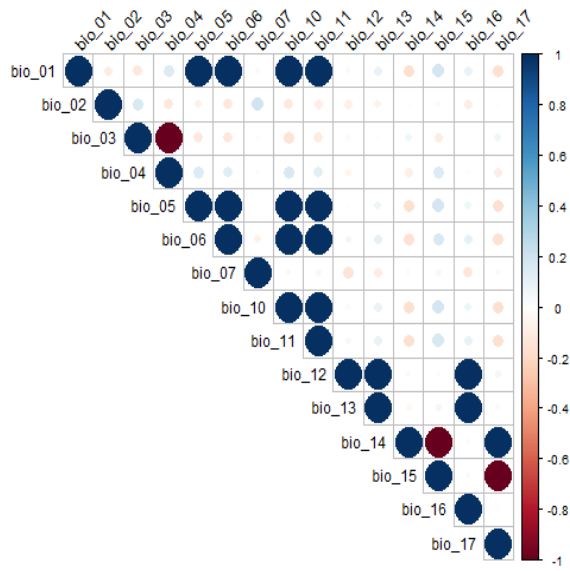
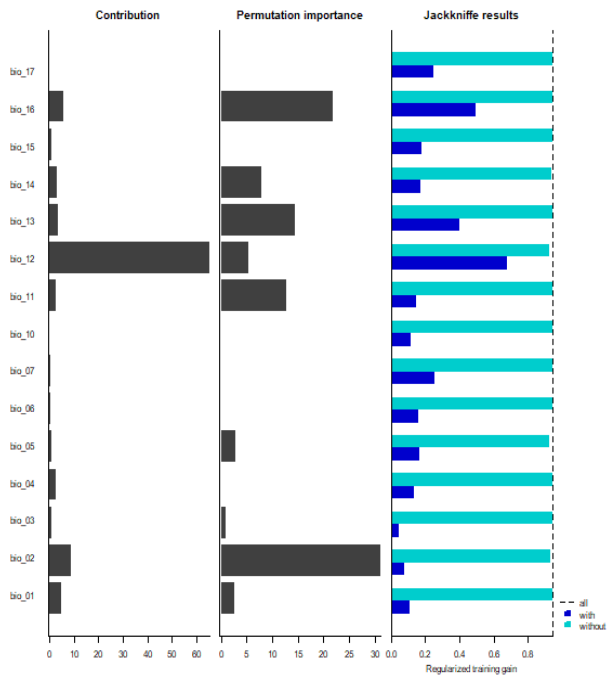
- *Vitex gigantea*



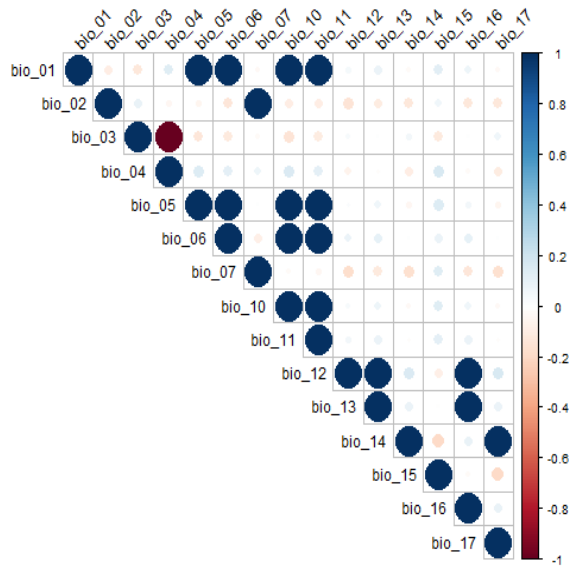
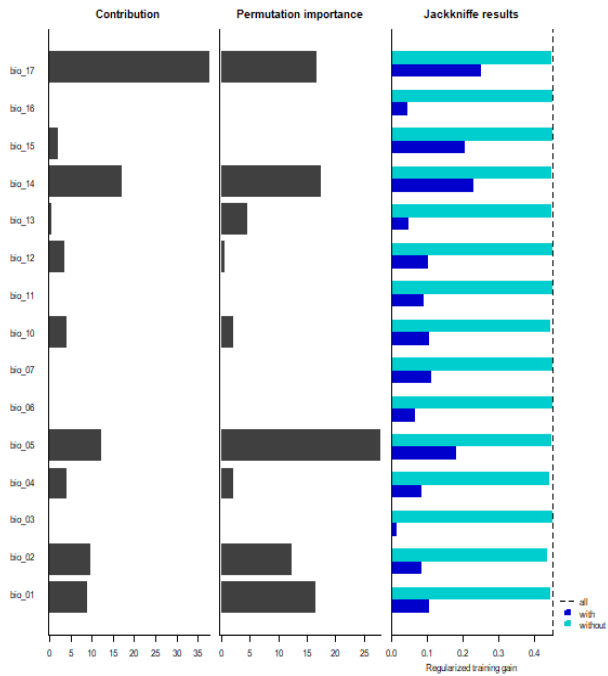
- *Ziziphus thyriflora*



• *Bursera Graveolens*



• *Guazuma ulmifolia*



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 <- "Myroxyylon" # Seleccionar genero
species <- "peruiferum" # Seleccionar especie
nm_sp <- "Myr_per" # 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 == "Pacifico", ] # Seleccionar
Amazonas o Pacifico
vertname <- "Pacifico"
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")
credir <- 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 = credir)

# 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
&yformat_options=CHARSET=UTF-
8&yrequest=GetFeature&ytype=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_1990_ayoutp
utFormat=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
&yformat_options=CHARSET=UTF-
8&yrequest=GetFeature&ytype=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2000_ayoutp
utFormat=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
&yformat_options=CHARSET=UTF-
&yrequest=GetFeature&ytypeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2008_ayoutp
utFormat=SHAPE-ZIP"

#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_2008_a.zip"))){
  download.file(link_cut_08,
                destfile = file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_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?service=WFS&version=1.0.0
&yformat_options=CHARSET=UTF-
&yrequest=GetFeature&ytypeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2014_ayoutp
utFormat=SHAPE-ZIP"

#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_2014_a.zip"))){
  download.file(link_cut_14,
                destfile = file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_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?service=WFS&version=1.0.0
&yformat_options=CHARSET=UTF-
&yrequest=GetFeature&ytypeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2016_ayoutp
utFormat=SHAPE-ZIP"

#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_2016_a.zip"))){
  download.file(link_cut_16,
                destfile = file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_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?service=WFS&version=1.0.0
&yformat_options=CHARSET=UTF-
8&yrequest=GetFeature&ytypeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2018_ayoutp
utFormat=SHAPE-ZIP"

#DESCARGAR SHAPE
dir_cut <- file.path("2_vector/MAE")
if (!file.exists(file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_2018_a.zip"))){
    download.file(link_cut_18,
                  destfile = file.path(dir_cut,
"v_ff010_cobertura_vegetal_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
&yformat_options=CHARSET=UTF-
8&yrequest=GetFeature&ytypeName=mae_ide:v_ff010_cobertura_vegetal_2018_ayoutp
utFormat=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 <- "Myr_per"

# 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,
recursive = T))
sf::sf_use_s2(FALSE)

#### SP 1 ####

nm_sp <- "Myr_per"
name_sp = "Myroxylon peruiferum"

# 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$Especie = name_sp
bn_90$Período="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$Período="2000"
bn_20$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$Período="2008"
bn_08$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$Período="2014"
bn_14$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$Período="2016"
bn_16$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$Período="2018"
bn_18$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$Período="2020"
bn_22$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["etiqa_area"] <- prettyNum(data_total$Area_ha, big.mark=",")
data_total["etiqa_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 PERÍODOS
plot_sp <- ggplot(data_total, aes(x=etiqa_period, y=Area_ha, group =
Especie,
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 = etiqa_period, y = Area_ha, label = etiqa_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 período (1990-2020)

```

# 1. IMPORTAR LIBERIAS #####

pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, tidyverse, sf, GISTools,
rmapshaper,
              dplyr, ggplot2, gridExtra, ggeasy, scales)

# 2. DEFORESTACION-DENSIDAD PERÍODO #####

#CARGAR DATOS
bn_sp <- read.csv("8_deforestacion/bn_sp.csv", header = TRUE, sep = ",",
                dec = ".")

##### SP 1 #####

nm_sp <- "Myr_per"
name_sp <- "Myroxylon peruiferum"

#CALCULO

#1990-2000
df_90_20 <- data.frame(Período="1990-2000")
df_90_20$Def <- (bn_sp[1,1])-(bn_sp[2,1])

#2000-2008
df_20_08 <- data.frame(Período="2000-2008")
df_20_08$Def <- (bn_sp[2,1])-(bn_sp[3,1])

#2008-2014
df_08_14 <- data.frame(Período="2008-2014")
df_08_14$Def <- (bn_sp[3,1])-(bn_sp[4,1])

#2014-2016
df_14_16 <- data.frame(Período="2014-2016")
df_14_16$Def <- (bn_sp[4,1])-(bn_sp[5,1])

#2016-2018
df_16_18 <- data.frame(Período="2016-2018")
df_16_18$Def <- (bn_sp[5,1])-(bn_sp[6,1])

```



```

#2018-2020
df_18_22 <- data.frame(Período="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 PERÍODOS-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["eti_q_def"] <- prettyNum(def_sp$Def, big.mark=",")
def_sp["eti_q_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 = eti_q_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",
"darkorange1", "firebrick1", "yellow1"))+
  scale_y_continuous(labels = scales::comma)+
  scale_x_discrete(limit = period_limit,
                    labels = period_labels)+
  geom_text (aes(label = eti_q_def), position = position_dodge (0.85), vjust
= 0.5,
            hjust=0.75, size=1.7, angle=90, colour="black")+
  xlab("Período")+
  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-PERÍODOS #####

#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,
colour="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$Período==2020, ]

#MERGE DEFORESTACION Y AREA BOSQUE NATIVO
data_merge <- merge(def_acum, bn2020, by = "Especie")
data_merge$Período <- 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"))

#COLUMNA 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("Bursera \n graveolens",
"Guazuma \n ulmifolia",
"Myroxylon \n peruiferum",
"Piscidia \n carthagenensis",
"Vitex \n gigantea",
"Ziziphus \n thyriflora")

#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 = etiq),
            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
densidad")))+
  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,
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",
colour="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["etiq"] <- prettyNum(def_per_group$value, big.mark=" ")

#VARIABLES PARA PLOT
species_break <- as.character(def_dns_group[1:6, 1])
species_label <- c("Bursera \n graveolens",
                  "Guazuma \n ulmifolia",
                  "Myroxylon \n peruiferum",
                  "Piscidia \n carthagenensis",
                  "Vitex \n gigantea",
                  "Ziziphus \n thyriflora")

```

```

#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_RY_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 <- "Myr_per"

# 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)

#Azúay
percent_pr <- data.frame(round((bn_sp[1,3]-bn_sp[8,3])*100/bn_sp[1,3], 2))
percent_pr["Especie"] <- "Azúay"
names(percent_pr) <- c("Porcent", "Especie")

#El Oro

```

```

percent_pr_1 <- data.frame(round((bn_sp[2,3]-bn_sp[9,3])*100/bn_sp[2,3],
2))
percent_pr_1["Especie"] <- "El Oro"
names(percent_pr_1) <- c("Porcent", "Especie")

#Guayas
percent_pr_2 <- data.frame(round((bn_sp[3,3]-bn_sp[10,3])*100/bn_sp[3,3],
2))
percent_pr_2["Especie"] <- "Guayas"
names(percent_pr_2) <- c("Porcent", "Especie")

#Loja
percent_pr_3 <- data.frame(round((bn_sp[4,3]-bn_sp[11,3])*100/bn_sp[4,3],
2))
percent_pr_3["Especie"] <- "Loja"
names(percent_pr_3) <- c("Porcent", "Especie")

#Los Rios
percent_pr_4 <- data.frame(round((bn_sp[5,3]-bn_sp[12,3])*100/bn_sp[5,3],
2))
percent_pr_4["Especie"] <- "Los Rios"
names(percent_pr_4) <- c("Porcent", "Especie")

#Manabi
percent_pr_5 <- data.frame(round((bn_sp[6,3]-bn_sp[13,3])*100/bn_sp[6,3],
2))
percent_pr_5["Especie"] <- "Manabi"
names(percent_pr_5) <- c("Porcent", "Especie")

#Santa Elena
percent_pr_6 <- data.frame(round((bn_sp[7,3]-bn_sp[14,3])*100/bn_sp[7,3],
2))
percent_pr_6["Especie"] <- "Santa Elena"
names(percent_pr_6) <- 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)

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", "El Oro", "Guayas", "Loja", "Los Rios",
    "Manabi", "Santa Elena"),
    labels = c("Azuay", "El Oro", "Guayas", "Loja", "Los Rios",
    "Manabi", "Santa Elena"))+
  scale_x_continuous(breaks = c(0, 15000, 30000, 45000, 60000, 80000,
205000),
    labels = c("0", "15 000", "30 000", "45 000", "60
000",
    "80 000", "205 000"))+
  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", "El Oro", "Guayas", "Loja", "Los Rios",
    "Manabi", "Santa Elena"),
    labels = c("Azuay", "El Oro", "Guayas", "Loja", "Los Rios",
    "Manabi", "Santa Elena"))+
  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_sp1, 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/Myr_per_dfprov_dgdo.png", height = 12, width
= 20,
        units = "cm", dpi = 200)

#### SP 1 ####
nm_sp <- "Myr_per"

###PLOT POR ESPECIE y BOSQUE DEGRADADO

# 4. PLOT 1 ####

#CARGAR DATOS
def_SP1<- read.csv(paste0("8_deforestacion/", nm_sp, "_df_prv.csv"),
                 header = TRUE, sep = ",", dec = ".")

#CONVERTIR LETRA MINUSCULA
def_SP1["Provin"] <- tolower(def_SP1$DPA_DESPRO)

#CONVERTIR LETRA CAPITAL
def_SP1$Provin <- unlist(lapply(def_SP1$Provin, FUN=firstCap))

#SEPARA EN MILES
def_SP1["Deforest"] <- prettyNum(def_SP1$Area, big.mark=" ")

# PLOT 1
def_1990_2020_sp1 <- ggplot(data = def_SP1) +
  geom_bar(mapping = aes(x = Area_def, y = Provin),
          stat = "identity", width = 0.7, fill="forestgreen",
alpha=0.9)+
  geom_text(aes(x = Area_def, y = Provin, label = Deforest), 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, 70000, 140000, 205000),
                    labels = c("0", "70 000", "140 000", "205
000"))+
  theme_bw()+
  theme(legend.position = "none")+
  xlab("Myroxylon \n peruiferum \n (ha)")+
  ylab("Provincias")+
  theme(axis.title.y = element_text( face= "bold", vjust=-0.3,
colour="black",
                                size = 6)) +
  theme(axis.title.x = element_text(face= "bold", vjust=2,
colour="black", size =6))+
  theme(axis.text.y = element_text(hjust =1, vjust=0.5,
colour="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"))

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_sp1<- ggplot(data = data_total) +
  geom_bar(mapping = aes(x = Porcent, y = Especie),
           stat = "identity", width = 0.7,
           fill="darkseagreen",alpha=0.6)+
  geom_text(aes(x = Porcent, y = Especie, label = Porcent), 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"))+
  theme_bw()+
  theme(legend.position = "none")+
  xlab("Myroxylon \n peruiferum \n (%)")+
  theme(axis.title.x = element_text(face= "bold", vjust=2,
colour="black", size =6))+
  theme(axis.text.x = element_text(vjust=0.5, 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"))

BN_dregadado_sp1

plot1 <- grid.arrange(def_1990_2020_sp1, BN_dregadado_sp1, ncol=2,
                    layout_matrix = rbind(c(1,2), c(1,2)),
                    widths=c(7.5, 7.5), heights=c(13,13))

#####plot final #####
PLOT <- def_1990_2020_sp1 + BN_dregadado_sp1 + def_1990_2020_sp2 +
BN_dregadado_sp2 +
  def_1990_2020_sp3 + BN_dregadado_sp3 + def_1990_2020_sp4 +
BN_dregadado_sp4 +
  def_1990_2020_sp5 + BN_dregadado_sp5 + def_1990_2020_sp6 +
BN_dregadado_sp6 +
  plot_layout(ncol = 12)

PLOT

ggsave(PLOT, file="9_graficos/Deforestacion_guia.png", height = 13, width
=25,

```

```
units="cm", dpi = 500)
```

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

```
# 1. IMPORTAR LIBRERIAS #####

pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, tidyverse, sf, classInt, sp,
               maptools, cleangeo, rmapshaper, GISTools, RColorBrewer,
               lubridate, ggplot2, gridExtra, scales)

# 2. ASIGNAR DIRECTORIO #####

setwd("C:/Tesis_RL/Biomodelos_vertientes")
#getwd()
sapply("10_incendios", function(x) if(!dir.exists(x)) dir.create(x,
recursive = 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 PERÍODOS ####

#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 <- "Myr_per"
name_sp <- "Myroxylon peruiferum"

# 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_20[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,
  mapproj, cleangeo, rmapshaper, GISTools, RColorBrewer,
  lubridate, ggplot2, gridExtra, ggeasy, scales)

setwd("C:/Tesis_RL/Biomodelos_vertientes")

#### SP 1 ####

nm_sp <- "Myr_per"
name_sp <- "Myroxylon peruiferum"

# 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 PERÍODO ####

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["etiqa"] <- 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("Bursera \n graveolens",
"Guazuma \n ulmifolia",
"Myroxylon \n peruiferum",
"Piscidia \n carthagenensis",
"Vitex \n gigantea",
"Ziziphus \n thyrsoflora")

#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 = etiqa),
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",
colour="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_RL/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 <- "Myr_per"
name_sp <- "Myroxylon peruiferum"

# 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=firstCap))
#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 <- "Myr_per"

###PLOT POR ESPECIE Y BOSQUE DEGRADADO

#CARGAR DATOS
frc<- read.csv(paste0("10_incendios/frc_Myr_per_prv.csv"),
  header = TRUE, sep = ",", dec = ".")

# 4. PLOT 1 ####
frc_sp1<- ggplot(data = frc) +
  geom_bar(mapping = aes(x = Frecuencia, y = Provincias),
  stat = "identity", width = 0.7, fill=
"firebrick2",alpha=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("Myroxylon \n peruiferum \n (n° FA)")+
                                ylab("Provincias")+
                                theme(axis.title.y = element_text( face= "bold", vjust=-0.3,
colour="black",
                                size = 6)) +
                                theme(axis.title.x = element_text(face= "bold", vjust=2,
colour="black", size =6))+
                                theme(axis.text.y = element_text(hjust =1, vjust=0.5,
colour="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_Myr_per_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",
alpha=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("Myroxylon \n peruiferum \n (FA/km2)")+
                                ylab(NULL)+
                                theme(axis.title.x = element_text(face= "bold", vjust=2,
colour="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 (2001-2023)

```

# 1. IMPORTAR LIBRERIAS #####

pacman::p_load(raster, rgdal, rgeos, stringr, sf, tidyverse, classInt, sp,
              mapproj, cleangeo, rmapshaper, GISTools, dplyr, lubridate,
              xts, timeSeries, tidyr, ggplot2, chron, plyr, iClick,
timsac,
              forecast, trend, zoo, astsa, tseries, stats, gridExtra)

# 2. DIRECTORIO DE TRABAJO Y VARIABLES #####

#setwd("C:/Articulo_EA")
setwd("C:/Tesis_RL/Biomodelos_vertientes")

name_sp1 <- "Myroxylon peruiferum"
name_sp2 <- "Piscidia carthagenensis"
name_sp3 <- "Vitex gigantea"
name_sp4 <- "Ziziphus thyrsoflora"
name_sp5 <- "Bursera graveolens"
name_sp6 <- "Guazuma ulmifolia"

inc_sp1 <- "mp"
inc_sp2 <- "pc"
inc_sp3 <- "vg"
inc_sp4 <- "zt"
inc_sp5 <- "bg"
inc_sp6 <- "gu"

# 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 <- "Myr_per"

# 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 del Resumen/abstract

Loja, 05 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 **“Efectos de la deforestación e incendios forestales en las áreas de distribución de especies forestales del bosque seco ecuatoriano”** de autoría del estudiante **Ronny Santiago Loján Díaz** portador de la cédula de identidad número **1150361473**, estudiante de la **Carrera de Ingeniería Forestal** de la Universidad Nacional de Loja, bajo la dirección del **Ing. Juan Armando Maita Chamba**

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



Escaneado digitalmente por:
DAVID ANDRÉS
ARAUJO PALACIOS

David Andrés Araujo Palacios
Registro: MDT-3104-CCL-252098